Reuschle

Vollständiges

Lehrbuch der Geographie

mit

Einschluß der Hilfskenntnisse

nach

neuem Plan in zwei selbständigen Theilen

(Physik der Erde und beschreibende Geographie)

entworfen

und zum Schulgebrauche dargestellt

von

Dr. K. G. Reuschle,

Professor am Gymnasium in Stuttgart.

Die Physik der Erde.

Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei.

1851.

Die

Physik der Erde.

Ein

kurzes Lehrbuch

der

mathematischen und physikalischen Geographie

mit den erforderlichen Lehren der

Mechanik, Physik und Chemie

zum Gebrauch an höheren Lehranstalten

in der

halbsynthetischen Form zusammengestellt

von

Dr. K. G. Reuschle,

Professor am Gymnasium in Stuttgart.

Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung und Druckerei.

1851.

Vorwort zu der Physik der Erde.

Unter „Physik der Erde" verstehen wir zunächst das, was man gemeinhin auch „physikalische Geographie" zu nennen pflegt, übrigens natürlich mit Einschluß der sogenannten „mathematischen Geographie", da die „kosmischen" Naturverhältnisse der Erde, deren Erörterung unter diesem unpassenden Titel gegeben zu werden pflegt, von den übrigen als „speciell tellurischen" keineswegs so sich trennen lassen, um zwei verschiedene Zweige des geographischen Wissens zu bilden. Indeß wurde nicht ohne Grund zur Bezeichnung des Inhalts dieser kleinen, aber überaus reichhaltigen Schrift jener zwar nicht neue, aber minder gebräuchliche Titel vorgezogen. Denn unter dem anderen (physische oder physikalische Geographie) wurde schon sehr Verschiedenartiges vorgebracht (manchmal mit der Unterscheidung von „allgemeiner und besonderer" physikalischer Geographie). So hat man die specielle Anführung aller Naturgegenstände der Erdoberfläche nach den einzelnen Abtheilungen der letzteren, z. B. aller Flüsse und Pflanzengattungen eines Landes, in

die physikalische Geographie gezogen, und unzweckmäßiger Weise von der Beschreibung dessen, was vom Menschen herrührt (wie der Staaten und Städte), gesondert. Hierüber werde ich mich in dem Vorwort zu dem anderen Lehrbuch näher aussprechen, welches diesem folgen wird, zwar durch einen gemeinsamen Nebentitel mit diesem in eine Art von Zusammenhang gesetzt, aber der Sache nach ganz selbständig gehalten, und, als die eigentliche („beschreibende“, wenn dieser Pleonasmus erlaubt ist) Geographie, in skizzenhaft gedrängter Kürze Natürliches und Menschliches (oder Geschichtliches) in ungetrenntem Bild umfassen soll.

Dagegen soll nun unsere „Physik der Erde“, entsprechend dem allbekannten Sinn des Worts Physik, das Allgemeine und Formelle von den Naturverhältnissen unseres Planeten erörtern und (soweit es möglich ist) zu den Ursachen verfolgen. Zugleich aber und ebendeßhalb soll es die Hilfskenntnisse, vor Allem aus der Physik selbst (beziehungsweise aus Mechanik und Chemie) mit umfassen. Und in der That es wird wenig fehlen, daß das Büchlein auch als Lehrbuch „der Physik mit beständiger Rücksicht auf die Naturverhältnisse der Erde“ sich bezeichnen und gebrauchen ließe, wenigstens an allen solchen höheren Lehranstalten, welche (wie die Gymnasien) in ihrem physischen Kursus nicht sowohl ein technisches Ziel haben, als vielmehr nur eine wissenschaftliche Belehrung über die Naturkräfte und Naturgesetze, in einem umfassenden Bilde nach der wahrhaft populären Idee des „Kosmos“, beabsichtigen können. Ueberhaupt wird man

an solchen Lehranstalten zur Beschränkung der Fächerzahl entweder die Lehren der physischen Geographie (mit Einschluß des Astronomischen und Meteorologischen) in einem Lehrgang der Physik, oder umgekehrt die Lehren der Physik in einem geographischen Kursus mehr und mehr aufgehen lassen. Das letztere Verhältniß, weil hier in Stuttgart bestehend, habe ich zunächst im Auge gehabt, und es versteht sich von selbst, daß dann die Physik der Erde, obwohl der Sache nach der erste Theil der gesammten Geographie, doch nach dem Verhältniß zur Fassungskraft der Schüler den zweiten höheren Kursus zu bilden hat. Ebendeßhalb ist jedes der beiden Lehrbücher, dieses und das bald nachfolgende speciell geographische Lehrbuch, ganz selbständig gehalten worden; und wenn z. B. letzteres Buch das Polarlicht, den Magnetpol, die Monsune bei den betreffenden Ländern und Meeren als Thatsachen immerhin erwähnt (so gut wie Rennthiere und Elephanten, oder wie Wallfischfänger und Perlfischer), so hat man die Erklärung jener Thatsachen in ihrem ganzen physikalischen Zusammenhang nur in dem vorliegenden Buche zu suchen.

Da die specificirte Inhaltsübersicht über den Stoff hinreichende Auskunft gibt, so habe ich nur noch über die Form des Buchs Einiges zu sagen. Sie kündigt sich auf dem Titel selbst als die „halbsynthetische“ an, wodurch sie sich ebenso der streng synthetischen Form, welche nur der Mathematik zukommt, erfunden von den Griechen, als dem freien fortlaufenden Styl des wissenschaftlichen Lesebuchs gegenüberstellt. Jene kommt dem Bedürfniß der Schule dadurch entgegen,

daß sie wieder das Grundwesentliche in wenige und möglichst kurze Hauptsätze zusammenfaßt, Alles Uebrige aber (zum Theil blos andeutend) als Beleuchtungen und Ausführungen dieser Sätze beibringt, welche die Beweise und Zusätze in der mathematischen Synthese vertreten. Insbesondere sind der Natur der Sache gemäß blos andeutungsweise alle diejenigen Erörterungen gehalten, welche sich auf Apparate und Experimente, sowie auch auf Zeichnungen und Karten beziehen. Und dieß führt zu dem Hauptpunkt, welcher hier noch zu besprechen ist; denn ich höre schon manchen, dem das Buch unter die Hand kommt, fragen: wo sind denn die Figuren? Worauf ich antworte: diese sind, gleich den Experimenten und sonstigen Vorzeigungen, dem mündlichen Unterricht vorbehalten. Und die Gründe dafür sind folgende.

Erstlich kann von Vollständigkeit hinsichtlich der Figuren doch keine Rede sein, und eine gehörige Figurensammlung würde das Buch wohl noch einmal so dick, jedenfalls noch einmal so theuer machen; denn zu dieser würden auch Kärtchen (namentlich z. B. für Wärmeverhältnisse, Erdmagnetismus u. dgl.) gehören, außerdem die gewöhnlichen Figuren der Physik und Zeichnungen von Apparaten. Zweitens: da solche Zeichnungen und andere Figuren nur besondere Beispiele für die Begriffe sind, so bleiben sie am besten der Wahl des mündlichen Lehrers überlassen, und bei den Apparatzeichnungen insbesondere kommt noch in Betracht, daß die Apparate sehr mannigfaltige Einrichtungen haben, daß z. B. in dieser Anstalt diese Art von Luftpumpe, in jener jene Art

von Elektrisirmaschine gebraucht wird, warum also etwa Zeichnungen von den Apparaten des hiesigen Gymnasiums sozusagen octroyiren? Drittens: da der Schüler doch wohl für jede Lection ein Heft führt, was bekanntlich schon zur Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit und selbst des Interesses beiträgt, da überhaupt das Lehrbuch nicht Alles gibt, sondern Vieles dem Unterricht vorbehalten bleibt: so zeichnet er in dem Heft füglich die Figuren dem Lehrer nach, beschreibt die vorgezeigten Apparate und Experimente u. s. w.; der Lehrer aber entwirft die geeigneten Zeichnungen entweder nach eigener Idee, oder entlehnt sie aus Handbüchern und Atlassen. Und gewiß ist diese Art von Schriftlichkeit (bei einem wissenschaftlichen Fach wohl unvermeidlich) besser als die umgekehrte, d. h. das Diktiren der Sätze und Begriffe zu einer Figurensammlung, gesetzt nämlich, daß eine solche vorhanden wäre, um sie dem Schüler in die Hand zu geben. Viertens endlich wird derjenige, welcher nähere Einsicht von dem Buche nimmt, finden, daß der Mangel an Figuren durch eine um so begrifflichere oder gedankenhaftere Darstellung ersetzt ist, und eine Sache in solcher Art klar und rein in den blosen Gedanken zu verarbeiten, ist am Ende der Zweck, zu welchem alle Figur blos das Mittel ist.

Doch ich bin bereit, diesen vierten Grund, welcher von der Natur des Buchs hergenommen ist, wieder zurückzuziehen, weil er zu einer Selbstrecension führt, die sich der Verfasser nicht erlauben soll. Schließlich verweise ich Leser, welche eine ausführlichere Darstellung, besonders von manchen Ge-

genständen, welche vorliegende Schrift nur obenhin berührt, wünschen, auf meinen „Kosmos für Schulen und Laien", und empfehle auch umgekehrt die vorliegende Schrift als einen Führer bei der Lesung jenes Kosmos, sowie auch des Humboldt'schen Kosmos selbst.

Stuttgart im Juli 1851.

Der Verfasser.

Erste Abtheilung.

I. Himmel und Erde.

1. Die Erde ist ein allerseits begränzter, frei im Weltraum schwebender Körper, dessen Oberfläche nahezu kugelförmig ist mit einem Halbmesser, welcher 860 geographische Meilen beträgt (also etwa 750mal mehr, als die Meereshöhe der höchsten Berge).

Der einfachste Beleg für die nahezu kugelförmige Gestalt der Erde ist die Kreisgestalt des irdischen Horizonts, d. h. die Erscheinung, daß unsere Aussicht über die Erdfläche an jedem freien Platz kreisförmig begränzt ist. – Kennt man die Höhe des Standpunkts und die Weite der Aussicht, so ergibt sich daraus die ungefähre Größe des Erddurchmessers, mittelst des geometrischen Satzes von der Tangente und Sekante eines Kreises, wornach sich also die Höhe des Standpunkts zur Weite der Aussicht verhält, wie diese zur Summe jener Höhe und des Erddurchmessers. – Genauere Bestimmung der Größe der Erde durch die „Gradmessungen“, d. h. Messungen eines bestimmten Stücks (Bogens) von einem und demselben Erdumfang (Großkreis); diese haben aber auch Abweichungen von der genauen Kugelgestalt kennen gelehrt (IV, 5). – Erdumfang 5400 geogr. Meilen, Oberfläche über 9¼ Millionen Quadrat-, Rauminhalt über 2500 Mill. Kubikmeilen.

2. Wir übersehen von der Erde aus nur ein begränztes Stück des Weltalls; die Gränze unserer Weltaussicht erscheint uns als ein Gewölbe, der Himmel (das Firmament); an

dieses scheinbare Himmelsgewölbe entwerfen sich uns neben einander alle Gegenstände, welche wir im Weltraum wahrnehmen.

Der Raum hat keine Gränze, daher können wir uns das Weltall nicht anders als unendlich denken, das Unendliche aber läßt sich nicht übersehen; vielmehr gibt es für jedes noch so helle und große Licht endlich eine Entfernung, bei welcher es (auch für das bewaffnetste Auge) nicht mehr sichtbar ist. — Da nun der Blick nach jeder Richtung gleich weit reicht, so gestaltet sich dem Auge die Gränze seiner Aussicht kugelförmig, und daher rührt der Schein des „Himmelsgewölbes“.

3. Die hellen Gegenstände des Weltraums, die uns an „unserem Himmel“ sichtbar sind, und die man (gewöhnlich mit Ausnahme von Sonne und Mond) unter dem Namen Sterne begreift, behalten größtentheils ihre Stellungen untereinander, wie wenn sie am Himmel feststünden, die Fixsterne (oder Sterne schlechtweg); nur wenige verändern wie der Mond ihre Stellung unter den Fixsternen, die Wandelsterne oder Planeten (sowie die zeitweise erscheinenden und wieder verschwindenden Kometen).

Man hat die Fixsterne nach ihrem Helligkeitsgrad in Größenklassen gebracht (Sterne 1ster, 2ter rc. Größe) u. s. w., und so, wie sie am Himmel neben einander zu stehen scheinen, in Gruppen vereinigt, die Sternbilder (Gestirne); übrigens ist ihre Unveränderlichkeit nur scheinbar, allein erst den schärferen Beobachtungen seit etwa einem Jahrhundert sind die Veränderungen in den Stellungen der Fixsterne merklich geworden. — Die Anzahl der mit bloßem Auge sichtbaren Sterne ist sehr mäßig; sie beträgt etwa 4000 für ein gewöhnliches und vielleicht 6000 für ein sehr scharfes Auge. Das Fernrohr hat aber ihre Anzahl außerordentlich vermehrt; es sind jetzt über 100000 Sterne nach ihrer Stellung genau verzeichnet, und nach Zählungen, die aber nur in einzelnen Theilen des Himmels mit dem Riesenfernrohr vorgenommen worden sind, muß die Anzahl aller beobachtbaren Sterne stark in die Millionen laufen. — Auch die meisten der jetzt bekannten Wandelsterne sind nur dem Fernrohr zugänglich, und somit gehört der bei weitem größere Theil der Gegenstände, die man im Weltraum wahrgenommen hat, zur sogenannten „Fernrohrwelt“.

4. Die Himmelsgegenstände befinden sich in sehr großen und in sehr verschiedenen Entfernungen von der Erde und von einander; ja die Entfernungen sämmtlicher Fixsterne sind so groß, daß schon im Vergleich mit der Entfernung der nächsten darunter nicht nur der Durchmesser der Erde zum reinen Punkt verschwindet, sondern selbst wieder die Entfernung der Wandelsterne (namentlich der Sonne) zur winzigen Größe wird.

Wenn man einen Gegenstand von zwei verschiedenen Standpunkten aus beobachtet, so schließen die beiden Gesichtslinien einen Winkel ein, welcher um so kleiner ist, je größer die Entfernung des Gegenstands. Man nennt überhaupt Parallaxe eines beobachteten Gegenstands jede Veränderung seiner scheinbaren Lage, die von einer Veränderung des Standpunkts herrührt; insbesondere aber heißt jener Winkel die „Parallaxe des Gegenstandes in Beziehung auf die Standlinie" (d. h. die Entfernung der beiden Standpunkte von einander). Die größte Standlinie auf der Erde für Himmelsgegenstände ist ihr Durchmesser, aber nur wenige, nämlich die näheren Wandelsterne, zeigen eine meßbare Parallaxe in Beziehung auf denselben, bei allen Fixsternen ist sie fürs Auge so gut als null. — Sowie aber Parallaxe und Standlinie bekannt ist, so läßt sich die Entfernung des betreffenden Gegenstands finden, und so hat man für den Mond eine Entfernung von 60, für die Sonne die 400mal größere Entfernung von 24000 Erdhalbmessern ermittelt, welche man auch schlechtweg Sonnenweite nennt. — Vermöge des Umlaufs der Erde um die Sonne (V, 2) gibt es zwar für die Fixsterne noch eine ungleich größere Standlinie, welche zwei Sonnenweiten beträgt, also 24000mal größer ist, als die erste, allein auch in Bezug auf diese sind ihre Parallaxen für unmittelbare Messung zu klein, woraus folgt, daß auch der nächste mindestens noch über 200000 Sonnenweiten entfernt sein muß, eine Entfernung, welche man Sternweite zu nennen pflegt. Durch überaus künstliche Vergleichungen von Nachbarsternen, welche einander scheinbar sehr nahe stehen (Doppelsterne), hat sich jedoch neuestens für einige wenige Sterne die Entfernung wirklich etwas näher bestimmen lassen, wornach die nächsten noch etliche (der allernächste α Centauri $1^1/_2$?) Sternweiten von uns entfernt sind. Auf diesen ungeheuren Entfernungen beruht eben die scheinbare Unveränderlichkeit der Gestirne (I, 3),

und derjenige Stern (Nr. 61 im Schwanen), dessen Entfernung am genauesten (d. h. bis auf ein paar tausend Sonnenweiten) bekannt ist, hat sich eben nicht sowohl durch seine Helligkeit, als vielmehr durch seine auffallende eigene Bewegung verrathen (er ist nur 6ter Größe, verändert aber seine Stellung um fünf Sekunden jährlich). — Daß übrigens auch in der Fixsternwelt sehr verschiedenartige Entfernungen stattfinden müssen, folgt aus mancherlei Erscheinungen. Freilich aus dem Helligkeitsgrad folgt an und für sich nichts (wie der Schwanenstern zeigt), wohl aber aus der eigenen Bewegung, zumal wenn diese in Verbindung mit bedeutender Helligkeit auftritt, während auf ungleich größere Entfernung zu schließen ist, wo man bis jetzt keine merkliche Eigenbewegung wahrgenommen hat. Alsdann gewahrt das Fernrohr eine Menge scheinbar dichtgedrängter Sterne, wo das bloße Auge nur einen blassen sternlosen Schimmer wahrnimmt, wie in der sogenannten Milchstraße, welche sich über unseren ganzen Himmel hinzieht; die Milchstraßensterne sind also wohl überhaupt ungleich weiter entfernt als die übrigen. Wo ferner das schwächere Fernrohr nur jene milchstraßenartige Nebelerscheinung in kleinerer Ausdehnung darbietet (die sogenannten Nebelflecken), da zeigt häufig das stärkere abermals einen Haufen einzelner Sterne, welche also ohne Zweifel wiederum ungleich entfernter sind als die Milchstraßensterne. Scheinbare und wirkliche Nebel (Nebelsterne).

5. Die Sterne sind Weltkörper von kugelförmiger Gestalt und beträchtlicher Größe; Mond und Planeten sind dunkel nach Art der Erde und werden ebenfalls von der Sonne beleuchtet; die Fixsterne aber sind selbstleuchtende Körper nach Art der Sonne.

Wie Sonne und Mond dem bloßen Auge, so erscheinen die Planeten im Fernrohr stets als kreisförmige Scheiben, woraus man mit Recht auf kugelförmige Gestalt schließt. — Der Winkel, den die beiden Strahlen von den äußersten Punkten im Durchmesser eines Gegenstands im Auge bilden, heißt überhaupt der Sehwinkel (scheinbare Durchmesser) dieses Gegenstands (für die betreffende Entfernung), und wenn man diesen Winkel sammt der Entfernung kennt, so kann man daraus den wirklichen Durchmesser finden. So erfährt man aus den Sehwinkeln, unter welchen uns die Scheiben von Sonne und Mond erscheinen, die wirkliche Größe dieser Weltkörper, nämlich daß die Erde von der Sonne im Durchmesser 111mal, und folglich in der Oberfläche über 12000mal, im

Rauminhalt über 1300000 übertroffen wird, der Mond dagegen einen über $3^3/_4$mal kleineren Durchmesser, eine 14mal kleinere Oberfläche und einen 50mal kleineren Rauminhalt besitzt als die Erde. — Bei den Planeten haben sich im Allgemeinen erdartige Größen ergeben (manche übrigens beträchtlich größer, manche beträchtlich kleiner), überdieß geht aus Erscheinungen (Schatten, Lichtgestalten) hervor, daß sie von der Sonne beleuchtet werden, wie Erde und Mond; man kann daher sagen, die Planeten seien „Erden“.— Die Fixsterne dagegen sind „Sonnen“; zwar erscheinen sie stets nur als Lichtpunkte (ja um so punktartiger, je stärker das Fernrohr), allein sie müssen große sonnenartige Weltkörper mit eigenem Licht sein, da sie bei ihrer ungeheuren Entfernung nicht wohl wahrnehmbar wären, wenn die eine oder andere dieser Bedingungen fehlte.

6. Die Weltkörper werden zu Ganzen zusammengehalten durch Kräfte, welche alle ihre Theile von außen nach innen ziehen. Von dieser anziehenden Kraft, welche zunächst bei der Erde Schwerkraft heißt, rührt ohne Zweifel auch die allgemeine Kugelgestalt der Weltkörper, die Ballung der Materie, her.

Es wird dabei vorausgesetzt, daß die Weltkörper ursprünglich flüssige Massen waren (vgl. XVIII, 3). Eine solche muß nämlich, wie die Mechanik lehrt (vgl. II, 11), unter der alleinigen Wirkung der inneren Schwerkraft vollkommene Kugelgestalt annehmen, und die Erfahrung zeigt dieß im Großen an der Gestalt der Meeresflächen, im Kleinen an der Tropfenbildung (obwohl hier die störenden Einflüsse niemals fehlen). — Wenn aber die Weltkörper, insbesondere die Erde, von der genauen Kugelgestalt mehr oder weniger abweichen, so ist die Ursache davon in solchen störenden Einflüssen, d. h. in anderweitigen Kräften zu suchen, welche bei ihrer Bildung mitgewirkt haben (vergl. IV, 5 und 7).

II. Die irdische Schwere.

1. Die Schwerkraft (I, 6) wirkt auf alle Körper ohne Unterschied des Stoffs und zieht sie nach der Erdmitte, nicht als ob hier der Sitz der anziehenden Kraft wäre, vielmehr ziehen alle einzelnen materiellen Punkte des Erdkör-

pers an, aber so, daß die Gesammtwirkung aller dieser Einzelanziehungen nach der Erdmitte geht, dem Mittelpunkt der Anziehung.

Dieß muß in der That statt finden, wenn gemäß der kugelförmigen Gestalt der Erde die anziehenden Massentheilchen um den Mittelpunkt her gleichmäßig vertheilt sind; denn dann gibt es überall zu beiden Seiten der Linie, welche den angezogenen äußeren Punkt mit der Erdmitte verbindet, je zwei Theilchen, die ihn gleich anziehen, und die vereinte Wirkung solcher zwei Anziehungen hat, wie die Mechanik lehrt, die Folge, daß der Punkt in der mittleren Richtung, also nach der Erdmitte hin gezogen wird (die senkrechte oder vertikale Richtung). — Dieß ist übrigens nur ein besonderer Fall des allgemeinen mechanischen Satzes über die Mittelkraft oder vom Parallelogramm der Kräfte, wornach zwei Kräfte, die in verschiedenen Richtungen auf einen Punkt wirken, durch eine einzige ersetzt werden, die Mittelkraft, deren Richtung und Größe man so findet: man trage vom Angriffspunkt aus auf die Richtungen der beiden Kräfte Längen, welche sich verhalten wie die Kräfte, und verzeichne ein Parallelogramm, so ist die von dem Angriffspunkt ausgehende Diagonale desselben die Richtung der Mittelkraft und derselben proportionirt. — Gleichgewicht dreier auf einen Punkt wirkenden Kräfte zur Veranschaulichung dieses Satzes.

2. Die Schwerkraft wirkt um so schwächer auf einen Punkt, je weiter derselbe von der Erdmitte entfernt ist, und die Abnahme befolgt das Gesetz, daß die Stärken der Anziehung auf verschiedene Entfernungen sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate dieser Entfernungen.

Der Grund von dem Gesetz der Abnahme, das auch andere in die Ferne wirkende Anziehungen und Abstoßungen befolgen, läßt sich leicht einsehen; denn die anziehende Kraft breitet sich in der größeren Entfernung über einen größeren Flächenraum aus, und ist daher an jedem einzelnen Punkt dieser Kugelfläche in dem Maß schwächer, als die Ausbreitungsfläche größer ist, jene Kugelflächen aber verhalten sich wie die Quadrate der Halbmesser, d. h. der Abstände vom Mittelpunkt der Anziehung. — Daher kann in der nächsten Nähe eines Gebirgs, welchem auf der anderen Seite kein zweites gegenüberliegt, dessen Einzelanziehung mit derjenigen der übrigen Erde in die Schranken treten, wie die kleine Ab-

weichung eines Hängloths von der senkrechten Lage zeigt, die man unter solchen Umständen schon wirklich beobachtet hat, und die zugleich ein thatsächlicher Beweis für (II, 1) ist. — Daß die Stärke der Schwerkraft bei größerer Erhebung über den Meeresspiegel kleiner ist, hat man wirklich auf Bergen beobachtet, die sich einige Tausend Fuß über die Ebene erheben; übrigens ist sie nicht nur nach der Meereshöhe, sondern auch, und noch mehr, nach der geographischen Breite verschieden, wovon die Ursachen später (IV, 6). Beträgt aber der Höhenunterschied nur Dutzende oder selbst Hunderte von Fußen, so ist dieß ein so kleiner Theil vom Erdhalbmesser, daß man durchaus keinen Unterschied in der Stärke der Schwerkraft wahrzunehmen vermag. — Auf das Innere der Erde läßt sich jenes Anziehungsgesetz nicht unmittelbar anwenden, weil die anziehende Masse kleiner wird, sofern die äußere Kugelschale auf einen inneren Punkt keine Wirkung hat; vielmehr verhalten sich die Beträge der Anziehung auf jenen Punkt einfach wie deren Abstände vom Mittelpunkt (sie ist also an der Oberfläche selbst am größten).

3. Der Fall eines Körpers (von mäßiger Höhe und abgesehen von Hindernissen) ist eine gleichförmig beschleunigte Bewegung in senkrechter Richtung, d. h. die Geschwindigkeit nimmt während des Falls (der Zeit) proportionirt zu, und die Fallräume verhalten sich wie die Quadratzahlen der Zeiten.

Unter „Trägheit“ versteht man die allgemeine Eigenschaft aller Materie, daß ein Körper in dem Zustand beharrt, in welchem er sich einmal befindet, sei es Ruhe oder Bewegung, so lange keine äußere Ursache ihn ändert. Wenn daher nach einmaligem Anstoß ein Körper sich selbst überlassen wird, so bewegt er sich vermöge seiner Trägheit in der Richtung des Anstoßes mit der erhaltenen Geschwindigkeit gleichförmig fort, bis eine neue Kraftwirkung erfolgt. — Eine fortwährend in einerlei Richtung auf einen Körper wirkende Kraft vermehrt seine Geschwindigkeit stetig fort (es ist gleichsam eine unendlich rasche Aufeinanderfolge unendlich kleiner Anstöße in einerlei Richtung); und wenn diese „beschleunigende Kraft“ der Stärke nach sich gleich bleibt, so nimmt die Geschwindigkeit gleichmäßig zu, so daß die „jeweilig erlangten Geschwindigkeiten sich verhalten wie die Zeiten“. Dieß findet aber vermöge (II, 2) bei der Schwere wirklich statt, wofern die Fallhöhe nicht zu groß ist, und sofern man von gewissen Hindernissen

(namentlich vom Widerstand der Luft) absieht. — Bei einer solchen „gleichförmig beschleunigten“ Bewegung ist nun die im mittleren Zeitpunkt stattfindende Geschwindigkeit das arithmetische Mittel zwischen je zwei Geschwindigkeiten, welche gleichlang vor und nach jenem Zeitpunkt stattfinden; da sich also dieselben zur mittlern Geschwindigkeit ausgleichen, so kommt der fallende Körper in einer bestimmten Zeit offenbar so weit, wie wenn er während derselben mit der mittleren Geschwindigkeit gleichförmig sich bewegt hätte: daraus ergibt sich aber sogleich, daß „die Fallräume den Quadratzahlen der Zeiten proportionirt sind“.

4. Alle Körper werden von der Schwere ohne Unterschied des Stoffs und der Größe gleich beschleunigt; die Geschwindigkeit, welche sie während einer Sekunde Zeit einem Körper beibringt, beträgt (rund) 30 Pariserfuß für die Sekunde, und diese „Beschleunigung der Schwere“ ist das Doppelte vom „Fallraum der ersten Sekunde“.

Jeder Körper durchfällt in der ersten Sekunde 15 Pariserfuß und erlangt dabei eine solche Geschwindigkeit, daß er, wenn am Ende dieser Sekunde die Schwerkraft aufhörte ihn ferner zu beschleunigen, sofort in jeder folgenden Sekunde 30 Fuß zurücklegen würde (dem Gesetz der Trägheit II, 3 zufolge). — Wenn eine Kraft von bestimmter Stärke einen Körper blos an seiner Oberfläche angreift, wie ein Anstoß, so steht die dadurch hervorgebrachte Geschwindigkeit stets in umgekehrtem Verhältniß zur Masse des Körpers. Wenn dagegen eine Kraft jedes kleinste Massentheilchen des Körpers angreift und sozusagen für sich beschleunigt, wie die atomweise wirkende Schwere, so wird nothwendig jede Masse gleich beschleunigt, und daher fallen im luftleeren Raum in der That alle Körper gleichschnell. — Die Größe einer Bewegung ist überhaupt nach zwei Umständen zu beurtheilen, nach der Größe der bewegten Masse und nach der Größe der Geschwindigkeit, dergestalt daß zwei Bewegungen der Größe nach sich verhalten, wie die Produkte aus den Verhältnißzahlen der Massen und Geschwindigkeiten, und daher insbesondere gleich groß sind, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie die Geschwindigkeiten. — Erläuterung aller dieser Gesetze (II, 3. 4) durch die Fallmaschine.

5. Ein Körper, welcher in anderer als der senkrechten Richtung „geworfen“ wird, beschreibt eine krumme Linie; diese ist bei mäßiger „Wurfweite“ eine Parabel, bei größerer ein

elliptischer Bogen, und der Wurf würde zu einem Umlauf in einer völligen Ellipse, wenn die Wurfweite über den Erdkörper hinausreichte.

Erhält ein Körper von Zeit zu Zeit neue Anstöße, je in anderer Richtung, so beschreibt er gemäß dem Parallelogramm der Kräfte (II, 1) eine gebrochene Linie, und diese wird zur Kurve, wenn er durch eine stetige Kraft in jedem Augenblick von der Geraden abgezogen wird, in welcher er sonst sich bewegen würde. — Dieß findet beim Wurf statt; und wenn die Wurfweite (nämlich im Vergleich mit dem Erdhalbmesser) so klein ist, daß innerhalb derselben die Richtungen der Schwere so gut als parallel sind, so verhalten sich die wagrechten Wege wie die Zeiten, die senkrechten (oder die Fallräume) wie die Quadrate der Zeiten, mithin die Quadrate von jenen wie diese, d. h. es entsteht eine Parabel mit senkrechter Axe; denn die Parabel ist eine Kurve aus zwei kongruenten Schenkeln, die sich zu beiden Seiten einer Axe erstrecken, so daß die Abstände ihrer Punkte von der Axe im Quadrat sich verhalten wie die zugehörigen Abschnitte der Axe. — Verzeichnung der Wurfkurve im einfachsten Fall bei wagrechtem Wurf; Berücksichtigung der Wurfkurve beim Schießen; dieselbe parabolische Gestalt nimmt ein Flüssigkeitsstrahl bei nicht senkrechtem Ausfluß an (übrigens wird hiebei überall von störenden Einflüssen, wie der Widerstand der Luft einer ist, abgesehen). — Sowie die Richtungen der Schwere innerhalb der Wurfweite nicht mehr als parallel gelten können, ist auch jene Verzeichnung nicht mehr anwendbar; reichte die Wurfweite über die Erde hinaus, so würde der Körper in Fortsetzung seiner Bewegung um die Erdmitte nicht mehr durch das Zusammentreffen mit der Erde aufgehalten; übrigens ist (V, 10) über die elliptische Bewegung zu vergleichen, welche dann überhaupt eintritt.

6. Das Gewicht eines Körpers dient zum Maß für seine Masse, und sein specifisches Gewicht mißt seine Dichte.

Masse eines Körpers ist die Menge der materiellen Punkte oder Atome, welche in seinem Raum enthalten sind. Die Raumerfüllung ist nämlich bei keinem Körper stetig, sondern punkt- oder atomweise, so daß die Körperatome durch leere (d. h. nicht von demselben Stoff erfüllte) Zwischenräumchen (Poren) getrennt sind; daher der veränderliche Rauminhalt eines Körpers in Folge von

äußerem Druck, Wärmezustand. — Da nun die Schwere atomweise wirkt (vgl. II, 3), so ist ihre Gesammtwirkung auf einen Körper, d. h. sein Gewicht, das natürliche Maß für die Menge seiner Atome. — Bei verschiedenen Stoffen ist die Raumerfüllung dem Grad nach verschieden, worin ihre verschiedene Dichte besteht, und dieß zeigt sich hiernach in der Verschiedenheit des Gewichts bei gleichem Rauminhalt. Hiebei pflegt man das Wasser zu Grunde zu legen und nennt die Angabe, wie sich das Gewicht eines Stoffs zu dem des Wassers bei gleichem Rauminhalt verhält, das specifische Gewicht dieses Stoffs; dieses mißt somit den Grad der Raumerfüllung, d. h. die Dichte des Körpers.

7. An einem Hebel halten sich zwei Massen Gleichgewicht, wenn sie sich umgekehrt verhalten wie ihre „Hebelarme", d. h. wie ihre Abstände von dem „festen Punkt des Hebels" (oder von der wagrechten Axe, um die er sich drehen kann).

Jeder Körper, welcher an einer festen wagrechten Axe im Gleichgewicht ist, kann als Hebel dienen; die zwei Hauptformen desselben: 1) wo die Hebelarme in der nämlichen senkrechten Ebene liegen (der eigentliche Hebel oder der Wagebalken, der wieder einarmig oder doppelarmig, geradlinig oder winklig, gekrümmt sein kann), 2) wo die Hebelarme in verschiedenen senkrechten Ebenen liegen (das Wellrad; man pflegt nämlich dann die Hebelarme oder Radien zu Kreisumfängen, Rädern, auszufüllen). — Das Gesetz des Hebels ist ein besonderer Fall von einem allgemeinen Satz über das Gleichgewicht (an Maschinen), daß nämlich zwei Massen sich Gleichgewicht halten, wenn ihre Bewegungsgrößen (II, 4) gleich und (der Richtung nach) entgegengesetzt sind; das erste tritt nämlich ein, wenn die Massen sich umgekehrt verhalten wie die gleichzeitig durchlaufenen Wege, und diese sind bei jeder Art von Hebel Kreisbögen, welche sich verhalten wie die Halbmesser, d. h. Hebelarme. — Zahlreiche Anwendungen des Hebels in der Natur (im thierischen Körper) und in Menschenwerken (an Maschinen und Geräthschaften); darunter die Wage (die gleicharmige und die ungleicharmige oder Schnellwage mit unveränderlichem „Laufgewicht").

8. Für jeden Körper gibt es einen Punkt, um welchen her seine Masse gleichmäßig vertheilt ist, Massenmittelpunkt oder Schwerpunkt; wenn dieser unterstützt ist, so ist der

ganze Körper im Gleichgewicht; dieses kann aber dauerhaft oder hinfällig oder stetig sein.

Das Gleichgewicht um den Schwerpunkt kann man sich einfach so vorstellen, daß die einzelnen Atome des Körpers an unendlich vielen Hebeln, deren gemeinsamer fester Punkt der unterstützte Schwerpunkt ist, gemäß (II, 7) sich Gleichgewicht halten. — Bei gleichmäßiger Dichte fällt der Schwerpunkt natürlich mit dem geometrischen Mittelpunkt (dem Figurmittelpunkt) zusammen, sowie auch, wenn er aus concentrischen Schichten von verschiedener Dichte besteht. — Der Schwerpunkt ist unterstützt, wenn seine Senkrechte, d. h. die Gerade, welche ihn mit der Erdmitte verbindet, durch einen der festen Punkte geht, mit denen der Körper verbunden ist, sei es übrigens eine Grundlage oder eine Aufhängung. Bei hängenden Körpern ist das Gleichgewicht dauerhaft oder hinfällig, je nachdem ihr Schwerpunkt unter oder über dem festen Aufhängepunkt sich befindet; bei Körpern auf Grundlagen ist es hinfällig, wenn der Körper die feste Grundlage nur in einem Punkt oder einer Linie berührt, dauerhaft aber, wenn die Berührung in einer Fläche stattfindet, übrigens in sehr verschiedenen Graden, nämlich um so dauerhafter, je größer die Unterstützungsfläche und je niedriger zugleich der Schwerpunkt. — Eine dauerhafte Gleichgewichtslage erprobt sich daran, daß der Körper nach einer Störung in dieselbe zurückkehrt, gewöhnlich nach einigen Schwankungen um dieselbe her, die bei hängenden Körpern Pendelschwingungen heißen (II, 9); das hinfällige Gleichgewicht aber zeigt sich daran, daß der Körper, wie klein auch die Störung, nicht zurückkehrt, sondern jählings in eine dauerhafte Lage „umkippt". — Nun gibt es aber auch noch eine Lage, in welche der Körper zwar nach einer Störung nicht zurückkehrt, aus welcher er aber auch nicht umkippt, vielmehr in jeder neuen Lage abermals im Gleichgewicht sich befindet; dieses „stetige" Gleichgewicht findet bei Körpern statt, die im Schwerpunkt aufgehängt sind, sowie bei solchen, die auf einer ebenen Grundlage mit runder Oberfläche liegen (Kugeln, Walzen). — Ein Hebel, dessen Drehaxe in, über oder unter dem Schwerpunkt sich befindet, bietet diese drei Fälle dar; bei der gewöhnlichen Wage findet der zweite statt (also das dauerhafte Gleichgewicht), weil dann bei einem größeren oder kleineren Uebergewicht auf der einen Seite ein größerer oder kleinerer „Ausschlagwinkel" sich ergibt, während das stetige Gleichgewicht durch das geringste Uebergewicht gänzlich zerstört würde (also keinen Ausschlagwinkel gestattet).

9. Kleine Pendelschwingungen, wenn auch von verschiedener „Weite", dauern gleich lang; bei Pendeln von verschiedener „Länge" verhalten sich die Quadratzahlen der Schwingungszeiten wie diese Längen; bei verschiedener Stärke der Schwerkraft aber verhalten sich jene Quadratzahlen für ein und dasselbe Pendel umgekehrt wie die Beträge der Schwerkraft (d. h. umgekehrt wie die Beschleunigungen oder die Fallräume der ersten Sekunde II, 4).

Pendel kann jeder Körper heißen, welcher sich um einen festen Punkt oder um eine feste wagrechte Axe außerhalb seines Schwerpunkts bewegen kann. Ein schwerer Punkt an einem schwerelosen Faden (praktisch freilich nur annähernd ausführbar) bildet das einfache Pendel, dessen Länge der Abstand jenes Punkts von dem festen Aufhängepunkt ist. Bei einem zusammengesetzten Pendel aber gibt es einen von seinem Schwerpunkt verschiedenen Punkt, Schwingungspunkt, so beschaffen, daß ein einfaches Pendel, dessen Länge dem Abstand des Schwingungspunkts vom Aufhängepunkt gleich ist, mit dem zusammengesetzten Pendel gleich schwingt, daher als des letzteren Länge eben jener Abstand anzusehen ist; und wenn man den Schwingungspunkt mit dem Aufhängepunkt vertauscht, so behalten die Schwingungen ihre Dauer (Reversionspendel). — Die Gleichzeitigkeit der „kleinen" Pendelschwingungen (deren Weite übrigens immerhin mehrere Grade betragen darf) gründet sich darauf, daß es eine Kurve giebt (die Cycloide), auf welcher ein Körper große und kleine Bögen in derselben Zeit durchfällt, wo also die Gleichzeitigkeit von der Größe der Bögen ganz unabhängig ist; und dieß beruht wieder darauf, daß diese „Tautochronkurve" eine solche Krümmung hat, vermöge welcher der zu durchlaufende größere Weg durch größere Beschleunigung mittelst geeigneter Steigungen geradezu ausgeglichen wird. — Anwendung des Pendels zur Uhrenreglung (bewegende Kraft, Regulator und Hemmung, d. h. die Verbindung jener beiden). — Auf dem dritten Gesetz beruht der Gebrauch des Pendels zur Untersuchung der Schwerkraft an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche, und dadurch hat man die Verschiedenheiten der Schwere (II, 2) ermittelt.

10. Aus der Vergleichung der Schwere oder der Anziehungskraft der ganzen Erde mit derjenigen einer gewogenen Masse kann man auf das Massenverhältniß der bei-

den anziehenden Körper schließen, denn unter sonst gleichen Umständen verhalten sich die Massen wie die Beträge der anziehenden Kräfte. So hat sich als Gewicht der ganzen Erde mehr als 100000 Trillionen Centner und als ihre mittlere Dichte das $5\frac{1}{2}$fache von derjenigen des Wassers ergeben, woraus noch folgt, daß die Dichte der Erde nach innen zunimmt.

Es sind überaus großartige und künstliche Versuche (zuerst in England von Cavendish ausgeführt), wodurch man jene Vergleichung angestellt hat; sie kommt darauf zurück, daß man es zu veranstalten wußte, die Schwingungen eines wagerechten Pendels zu beobachten, deren Ursache (mit Beseitigung der Erdschwere) die Anziehung einer gewogenen Bleimasse ist (Drehwage). — Da die Dichte der Stoffe an der Erdoberfläche diejenige des Wassers durchschnittlich nur zweimal übertrifft, die mittlere Dichte der ganzen Erdmasse aber $5\frac{1}{2}$mal, so muß die Dichte im Erdinneren größer sein als an der Oberfläche; dasselbe folgt übereinstimmend auch aus anderen Umständen (IV, 8).

11. Die Oberfläche einer Flüssigkeit stellt sich unter der Wirkung der Schwere wagrecht, d. h. rechtwinklig zu deren Richtung (wofern nämlich das Gefäß nicht zu eng II, 12); und Flüssigkeiten von verschiedener Dichte lagern sich in wagrechten Schichten übereinander, die dichteste zu unterst (wofern sie sich nicht mischen).

Daher die Kugelgestalt (I, 6) und die nach innen zunehmende Dichte (II, 10) der Weltkörper; unter alleiniger Wirkung der Schwere mußte sich die flüssige Erdmasse aus concentrischen Kugelschichten, die je kleiner um so dichter, zusammensetzen. — Wagrechte Fläche in kleiner Ausdehnung: Ebene parallel dem Horizont, in größerer: Kugelfläche, deren Mittelpunkt die Erdmitte, wie der Meeresspiegel. — Wie ein Pendel oder Hängloth die senkrechte Richtung, so gibt ein Flüssigkeitsspiegel die wagrechte (der künstliche Horizont der Astronomen). — Hinfälliges Gleichgewicht von Schichten mischbarer Flüssigkeiten. — Bezeichnende Eigenschaften der Flüssigkeiten: Tropfenbildung, kleiner Grad von Zusammendrückbarkeit; Grade der Flüssigkeit.

12. In sehr engen Gefäßen (Haarröhrchen) nimmt eine Flüssigkeit nach Umständen entweder eine hohle oder eine

erhabene Oberfläche an, und eine hohle stellt sich höher, eine erhabene niedriger als die wagrecht-ebene Oberfläche.

Diese „Kapillaritätserscheinungen“ beruhen auf Anziehungen zwischen den Flüssigkeitstheilchen unter einander und den Gefäßwänden, Anziehungen, welche zwar immer vorhanden sind, aber blos dann der Schwere gegenüber merklich werden, d. h. eine merkliche Abweichung der ganzen Oberfläche von dem wagrechten Stande bewirken können, wenn das Gefäß sehr eng ist. — Herrscht die Anziehung zwischen Gefäßwand und Flüssigkeit vor, wie bei Glas und Wasser, so findet concave Oberfläche mit „Kapillarelevation“ statt, herrscht aber die Anziehung der Flüssigkeitstheilchen unter sich vor, wie bei Glas und Quecksilber, so tritt die convexe Oberfläche mit „Kapillardepression“ ein (daher steht in einer Barometerröhre von gewöhnlicher Weite das Quecksilber stets etwas niedriger, als es sollte). — Aufsteigen von Flüssigkeiten in stark porösen Stoffen (Haarröhrchensaugung), wie in Zucker, in Schwämmen, Dochten, selbst in Holz.

13. In verbundenen Gefäßen steht eine überall gleich dichte Flüssigkeit gleich hoch (wie ungleich auch Gestalt und Weite sein mögen, versteht sich mit der aus **II, 12** sich ergebenden Ausnahme); die Höhen ungleich dichter Flüssigkeiten aber verhalten sich umgekehrt wie deren specifische Gewichte.

„Gleich hoch“, d. h. die Flüssigkeitsspiegel in den einzelnen Gefäßen bilden eine einzige wagrechte Fläche (II, 11); so im Großen wenigstens nahezu die Oberflächen der verschiedenen mit einander zusammenhängenden Meeresbecken, soweit nämlich das spezifische Gewicht des Meerwassers in denselben gleich ist (der gemeinsame Meeresspiegel, vgl. XV, 2 wegen der kleinen Abweichungen). — Aus dem Höhenunterschied zwischen Sied- und Eiswasser in zwei verbundenen Gefäßen kann man auf die Verdünnung schließen, die das Wasser bei dei Erwärmung vom Eispunkt bis zum Siedpunkt erleidet (vgl. VIII, 1).

14. Der Druck einer Flüssigkeit nimmt mit der Tiefe unter ihrem Spiegel gleichmäßig zu und findet nach allen Richtungen, seitwärts und nach oben so gut wie nach unten, statt. Der Druck, den eine wagrechte Fläche erleidet, ist stets dem Gewicht einer senkrechten, überall gleich dicken

Flüssigkeitssäule gleich, deren Grundfläche jener Fläche und deren Höhe dem Abstand des Spiegels von derselben gleich ist.

Die Zunahme des Drucks mit der Tiefe sammt dem von unten nach oben stattfindenden Druck zeigt der Versuch mit dem „losen Boden“; den Seitendruck zeigt das Spiel gewisser Wasserräder, die dadurch in Drehung versetzt werden (das Reactionsrad, die berühmten Turbinen). — Der „hydrostatische Druck“ hängt also keineswegs von der Menge oder von dem Gewicht der Flüssigkeit ab, sondern lediglich von der Größe der gedrückten Fläche und von der Höhe der Drucksäule (die drei Gefäße, das cylindrische, konische nach oben und konische nach unten, mit gleichem Boden und gleicher Höhe). — Durch Fortpflanzung eines Drucks von einer kleinen Druckfläche auf eine größere wird derselbe im Verhältniß dieser Flächen vermehrt (die hydraulische Presse).

15. Ein Körper, welcher schwerer als eine Flüssigkeit ist, sinkt in derselben, wobei er so viel von seinem Gewicht verliert, als die verdrängte Flüssigkeit wiegt; ein Körper, dessen specifisches Gewicht kleiner ist, schwimmt auf der Flüssigkeit, wobei er so tief eintaucht, daß das Gewicht der verdrängten Flüssigkeit derjenigen des ganzen Körpers gleichkommt; ein Körper von gleicher Dichte endlich schwebt in der Flüssigkeit (schwimmt unter dem Spiegel).

Versuch zur Veranschaulichung dieses archimedischen Gesetzes (Hieros Krone), dessen Ursache wieder in den Gesetzen des Drucks (II, 14) liegt. — Mittel zur Bestimmung des specifischen Gewichts von festen Körpern und Flüssigkeiten, sei es durch untersinkende Körper, sei es durch eintauchende Körper (Aräometer, Weinwage). — Dauerhaftigkeit der Schwimmlage (Ballast).

16. Auch die Luft wird von der Schwere nicht nur an der Erdfläche festgehalten, sondern übt auch einen Druck auf dieselbe aus, wie überhaupt auf alles was sie umgibt. Dieser Luftdruck ist so groß, daß er der jeweiligen Quecksilbersäule im Barometer Gleichgewicht hält.

In Verbindung mit (II, 14) ergibt sich der Satz: jede Fläche erleidet von der Luft einen Druck gleich dem Gewicht einer senkrechten überall gleich dicken Quecksilbersäule, deren Grund-

fläche gleich der gedrückten Fläche und deren Höhe dem jeweiligen Barometerstand gleich ist; dieß macht ungefähr 18 Pfd. auf den Quadratzoll bei 28 Zoll Barometerstand. — Der Luftdruck, eine wahrhaft tellurische Kraft, theils sich aufhebend, weil von beiden Seiten, theils Bedingung für das Bestehen der Körper. — Wirkungen des einseitigen Luftdrucks: Wasserpumpen (Veranlassung zur Entdeckung des Luftdrucks); Barometer (die „Toricellische Leere"; Höhe eines Wasserbarometers nach II,13); Heber (ein verkürztes Doppelbarometer; er fließt durch den Ueberschuß des Drucks, welcher von derjenigen Seite her statt findet, wo die kleinere Flüssigkeitssäule vom Luftdruck gehoben, oder wo der freie Flüssigkeitsspiegel höher ist als auf der anderen). — Besonders zeigt die Luftpumpe (deutsche Erfindung) theils die Wirkungen des einseitigen Luftdrucks (Magdeburgische Halbkugel, Blasensprengung, Quecksilber durch Holzporen u. s. w.), theils die Wirkungen des luftleeren oder vielmehr luftverdünnten Raums (gleichschneller Fall der Körper, Aufhören der Schallfortpflanzung, der übrigens erst durch spätere Sätze aus der Wärmelehre verständliche Eisversuch u. a.), endlich Wägung einer Portion Luft und Gewichtsverlust der Körper in der Luft (gemäß II, 15).

17. Der Druck der Luft, sowie der Gase überhaupt, befolgt übrigens dieselben Gesetze wie der Druck der Flüssigkeiten (II, 14, 15), wozu aber hier noch das „Mariottesche" Gesetz kommt, daß die Dichte eines Gases stets seinem Druck (seiner „Spannung") proportionirt ist (nämlich bei einerlei Wärmezustand, vgl. VIII, 1).

Haupteigenschaften der Gase: Ausdehnsamkeit und Zusammendrückbarkeit (ohne Gränzen, so lang sie Gase bleiben), und daher vollkommene Elasticität mit dem weitesten Spielraum (während mehreren festen und flüssigen Körpern zwar ein hoher Grad von Elasticität, Spannkraft, zukommt, aber mit viel kleinerem Spielraum, vgl. II, 11); dazu kommt der hohe Grad von Dünnheit oder Leichtigkeit; das schwerste Gas ist noch leichter als die leichteste Flüssigkeit (Aether); im gewöhnlichen Zustand ist das specifische Gewicht der Luft ungefähr $^1/_{770}$, das leichteste Gas (Wasserstoffgas) ist wieder 14mal leichter als (atmospärische) Luft, und daher der Spielraum des specifischen Gewichts der bekannten irdischen Stoffe vom schwersten Metall Platin (das 21mal schwerer als Wasser ist), bis zu jenem leichtesten Gas rund etwa 200000 (wobei natürlich von künstlich verdünntem Gas, Luftpumpengas, abgesehen

wird). — Ueberhaupt ist die Dichte der Gase sehr veränderlich, theils mit dem Wärmezustand, theils mit dem äußeren Druck, unter dem sie stehen, nach dem obigen Gesetz von Mariotte. Da der Druck, unter dem ein elastischer Körper steht, dem Gegendruck, den dieser ausübt, oder seiner Spannung stets gleich ist, so drückt man dieses Gesetz gewöhnlich auf obige Weise aus. — Abnahme der Luftdichte bei zunehmender Höhe über dem Meer mit der Abnahme des Luftdrucks (vgl. XIV, 1). — Die den Gasen gemeinsam mit den Flüssigkeiten zukommenden Druckgesetze sind hauptsächlich diese: die Allseitigkeit des Drucks, die Zunahme des Drucks mit der Tiefe unter der freien Oberfläche (daher eben die Abnahme des Luftdrucks bei zunehmender Meereshöhe, barometrische Höhenmessung), der Gewichtsverlust der Körper in der Luft (den die Luftpumpe nachweist II, 16).

18. Mehrere Gase mischen sich stets vollkommen, wenn sie in einen und denselben Raum gebracht werden (Diffusion der Gase); dabei drückt jedes einzelne der gemengten Gase so, wie wenn es allein vorhanden wäre, und daher ist der Druck eines Gasgemenges der Summe der Drucke der einzelnen Gase gleich (Daltons Gesetz).

Nur vorübergehend kann, wie bei Flüssigkeiten, die sich mischen (II, 11), ein hinfälliges Gleichgewicht eintreten, wobei das schwerere Gas die untere Schicht einnimmt (merkwürdiger Versuch mit Kohlensäuregas und Wasserstoffgas); und daß sich manchmal eine Kohlensäureschicht fortwährend am Boden erhält, das rührt von steter Erneuerung der Bodenschicht durch fortgesetztes Ausströmen her.

III. Die Axendrehung der Erde.

1. Die Erde dreht sich in der Richtung West-Ost so um, als ob sie an einer Axe steckte, die von der Erdmitte nahezu nach dem Polarstern geht (Erdaxe), und in der Zeit, binnen welcher ein Fixstern, scheinbar von Ost nach West fortrückend, an dieselbe Stelle des Himmels zurückkehrt (Sterntag).

Da an dieser Bewegung der Erde Alles Theil nimmt, was zu ihr gehört, sowohl was fest mit ihr verbunden ist und was beziehungsweise ruht, als was sich wieder auf ihr bewegt (Luft

und Wolken, fließende Wasser, fallende Steine u. s. w.): so kann sie blos an der Veränderung der Umgebung, d. h. an einer scheinbaren (parallaktischen I, 4) Bewegung der Himmelskörper wahrgenommen werden. — In der That ist die allgemeine tägliche Bewegung sämmtlicher Sterne von Ost nach West das Spiegelbild von der Axendrehung der Erde; denn sie geht so vor sich, wie wenn alle Sterne, wenigstens alle Fixsterne, an dem scheinbaren Himmelsgewölbe fest ständen, dieses aber in der Richtung Ost-West um die oben bezeichnete Axe sich drehte; sie ist aber bloser Schein wie das Himmelsgewölbe selbst (II, 2), weil in Wirklichkeit Nichts jene unzähligen Weltkörper in ihren so verschiedenen Entfernungen zu dem gemeinsamen Umlauf um jene Axe verbindet, wobei überdieß die abenteuerlichsten Geschwindigkeiten stattfinden müßten. — Die Erdaxe ist eine blose Richtung (Auffindung des Polarsterns), und die Axendrehung der Erde eine freie (gegenüber der Drehung um eine feste Axe), mit welcher eine fortschreitende Bewegung der Erde im Weltraum verbunden ist (V, 2), wie bei der halbfreien Bewegung rollender Körper. Das wesentliche Merkmal jeder Axendrehung besteht darin, daß alle Punkte des Körpers außerhalb der Axe Kreise um dieselbe in einerlei Zeit beschreiben, deren Ebenen zur Axe rechtwinklig sind.

2. Durch die Axendrehung der Erde werden die Punkte (Pole) und Kreise (Aequator mit seinen Parallelen, Meridiane) festgesetzt, nach welchen die Lage der Erdorte auf der Erdkugel, sowie die Lage der Weltkörper an der (scheinbaren) Himmelskugel angegeben wird, dort nämlich die (geographische) Breite und Länge, hier die Abweichung und Geradaufsteigung (Deklination und Rektascension).

An der Himmelskugel führen die entsprechenden Punkte und Kreise meist dieselben Namen (Himmelspole, Himmelsäquator), nur daß man gewöhnlich Abweichungskreise statt Himmelsmeridiane sagt. — Aequator: der eine zur Erdaxe rechtwinklige Großkreis (oder Kugelumfang); Meridiane: die unzähligen Großkreise, deren gemeinschaftlicher Durchmesser die Erdaxe, die ebendaher den Aequator und alle seine Parallelen rechtwinklig halbiren; Breite eines Erdorts: der Bogen des Meridians zwischen dem Aequator und dem Parallel des Erdorts, Länge: der Bogen des Aequators (oder eines Parallels) zwischen dem ersten Meridian und dem Meridian des Erdorts; Abweichung eines Sterns: der

Bogen des Abweichungskreises zwischen dem (Himmels-) Aequator und dem Parallel des Sterns; Geradaufsteigung: der Bogen des Aequators zwischen dem ersten Abweichungskreis und demjenigen des Sterns. — Alle diese Bögen, wie sich von selbst versteht, angegeben in Graden, d. h. nach ihrem Verhältniß zum Umfang, nicht nach ihrer wirklichen Länge; Breite und Abweichung nördlich und südlich, je bis zu 90 Grad; Länge und Geradaufsteigung vom Anfangspunkt an ostwärts rund herum bis zu 360 Grad (oft auch östlich und westlich je bis zu 180 Grad). — Der Anfangspunkt der Längenzählung auf der Erde ist aber verschieden vom Anfangspunkt der Geradaufsteigungen am Himmel; der erste Meridian nämlich wird willkürlich festgesetzt (der Ferro-Meridian der Geographen ist der um 20 Grad westwärts verlegte Pariser-Meridian, verlegt, damit ganz Afrika auf die östliche Halbkugel falle); der erste Abweichungskreis aber wird bestimmt durch den einen der Durchschnittspunkte des Aequators mit einem durch den Umlauf der Erde um die Sonne gegebenen Großkreise der Himmelskugel (der sogenannten Elkiptik V, 2).

3. Die geographische Breite eines Erdorts ist seiner Polhöhe gleich, d. h. der Höhe des Pols über seinem (astronomischen) Horizont.

Denkt man sich den Halbmesser eines Erdorts zur scheinbaren Himmelskugel verlängert, so trifft er dieselbe in einem Punkt, welcher Zenith (Scheitelpunkt) des Erdorts heißt (der entgegengesetzte heißt Nadir, Fußpunkt, und die Gerade von einem zum anderen Scheitellinie des Erdorts); die Ebene, welche rechtwinklig zur Scheitellinie durch die Erdmitte geht, schneidet die Himmelskugel in einem Großkreis, und dieß ist der astronomische oder Himmelshorizont jenes Erdorts, denn bei ihrer großen Entfernung (I, 4) sind die Himmelskörper sichtbar, sowie sie über die bezeichnete Ebene sich erheben, und der Erdhorizont (I, 1), der ein zu jenem paralleler Kleinkreis ist, erweitert sich mit der Höhe des Standpunkts fortwährend, bis er, bei einer in Vergleich mit den Abmessungen der Erde sehr großen Entfernung, zwar nicht in aller Strenge, wohl aber für die Wahrnehmung, mit dem gedachten Großkreis so gut als zusammenfällt. — Der Himmelshorizont eines Erdorts wird von dessen Meridian in zwei Punkten geschnitten, dem Nordpunkt und Südpunkt, deren Verbindungslinie die Mittagslinie jenes Erdorts heißt, in gleichem Abstand von derselben liegen zu beiden Seiten der Ostpunkt und

der Westpunkt des Horizonts (die Weltgegenden). — Da nun die Polhöhe eines (nördlichen) Erdorts der Meridianbogen zwischen seinem Nordpunkt und dem Nordpol ist, welcher mit dem Bogen zwischen dem Nordpol und dem Zenith des Erdorts 90 Grad ausmacht, die Breite des Erdorts aber der Gradzahl nach dem Meridianbogen zwischen dem Aequator und dem Zenith gleich ist, welchen eben jener Bogen (zwischen Pol und Zenith) zu 90 Grad ergänzt, so ist die Breite eines Erdorts seiner Polhöhe gleich. — Deßhalb hängen die näheren Umstände, unter welchen die tägliche Bewegung des Himmels an einem Erdort vor sich geht, von der Breite desselben ab. Für jeden, außer Pol und Aequator, gibt es drei Zonen, eine Zone der nie untergehenden (für uns nördlichen) Umpolsterne, und eine entgegengesetzte der nie aufgehenden (südlichen) Umpolsterne (Circumpolarsterne), dazwischen die Zone der auf- und untergehenden Sterne; damit nämlich ein Stern für einen Erdort Umpolstern sei, darf sein Polabstand (oder die Ergänzung seiner Abweichung zu 90 Grad) die Polhöhe jenes Erdorts nicht übersteigen. Die Mittelzone zerfällt wieder durch den Aequator in zwei Abtheilungen, in deren einer (für uns der nördlichen) der Tagebogen, in der anderen der Nachtbogen größer ist, während die Aequatorialsterne stets beides gleich haben; die zu unserem Horizont schief stehenden Parallelkreise der Sterne werden nämlich von demselben ungleich getheilt, mit Ausnahme des Aequators, welcher als Großkreis von jedem anderen Großkreis halbirt wird. — Geht man polwärts, so erweitern sich beide Umpolzonen, während die Mittelzone sich verengert, und die Schiefheit der täglichen Bewegung nimmt zu, bis am Pol (dessen Horizont der Himmels-Aequator ist) parallele Bewegung eintritt, zugleich also Auf- und Untergang aufhört, und der ganze Himmel aus zwei Umpolzonen besteht. Geht man aber äquatorwärts, so werden beide Umpolzonen schmäler, die Mittelzone breiter, und die Schiefheit der täglichen Bewegung nimmt ab, bis sie am Aequator (dessen Horizont ein Abweichungskreis ist) senkrecht wird, und die Mittelzone über den ganzen Himmel sich ausdehnt, zugleich ist, da der Abweichungskreis alle Parallelkreise halbirt, für alle Sterne Tag- und Nachtbogen gleich. — Die Umpolsterne (zu denen auch der Polarstern selbst gehört) liefern ein einfaches Mittel zur genauen Bestimmung der geographischen Breite eines Erdorts, denn die halbe Summe ihrer Höhen bei der „oberen und unteren Kulmination" ist der Polhöhe gleich (eine ungefähre Bestimmung aber gibt der Polarstern in jeder Stellung).

4) Der Zeitraum, innerhalb dessen vermöge der Axendrehung der Erde die Sonne in dieselbe Stellung am Himmel zurückkehrt, der Sonnentag (bürgerliche Tag), dauert etwas länger (d. h. um **236,1** Sekunden oder gegen **4** Minuten) als der Sterntag (oder die Drehungszeit der Erde **III, 1**).

In aller Strenge wäre die Zeit, z. B. von einer Sternkulmination zur anderen, der Zeit einer vollen Axendrehung der Erde nur dann genau gleich, wenn während der letzteren weder der Stern noch die Erde im Weltraum sich fortbewegt hätten; bei der großen Entfernung der Fixsterne aber ist es für die Wahrnehmung so gut, wie wenn nicht nur sie, sondern auch die Erde an ihrer Stelle geblieben wären (I, 4). — Anders bei der Sonne, deren Entfernung keineswegs als unendlich groß gelten kann in Vergleich mit dem Weg, den die Erde täglich zurücklegt (durchschnittlich über 333000 Meilen); und da die Erde in derselben Richtung im Raum sich fortbewegt, in welcher sie sich umdreht (V, 1), so muß sich jeder Erdmeridian über eine volle Umdrehung oder über 360 Grad hinausdrehen, damit die Sonne wieder in ihm stehe, nachdem er an eine andere Stelle des Raums gelangt ist; deßhalb dauert der Sonnentag etwas länger als die durch den Sterntag gemessene Umdrehungszeit der Erde. — Uebrigens dauert der wahre Sonnentag in verschiedenen Jahreszeiten nicht genau gleich lang (über die Ursache hievon V, 7), und die obige Zahlangabe bezieht sich auf seine mittlere Dauer oder die Dauer des mittleren Sonnentags, welcher der bürgerlichen Zeitmessung zu Grunde liegt, und dessen 24ster Theil die Stunde (Sonnenstunde) ist (Sternzeit, mittlere Zeit und wahre Sonnenzeit, vgl. III, 5).

5. Die Axendrehung der Erde ist eine vollkommen gleichförmige Bewegung, und deßhalb verhalten sich die Längenunterschiede verschiedener Erdorte wie die Unterschiede ihrer Uhrzeiten in einem und demselben Zeitpunkt (dergestalt daß einem Grad Längenunterschied **4** Minuten Zeitunterschied und einer Stunde Zeitunterschied **15** Grad Längenunterschied entspricht).

Die Gleichförmigkeit der Axendrehung besteht zunächst darin, daß jeder Erdort in gleichen Zeiten gleiche Bögen seines Parallels durchläuft, und daher scheinbar jeder Fixstern, sowie auch

die Sonne, wenn man die oben erwähnten kleinen Unregelmäßigkeiten abrechnet, oder, wie man der Kürze wegen zu sagen pflegt, die „mittlere Sonne" (d. h. die Sonne, welche der mittleren Zeit, der bürgerlichen Uhrzeit zu Grunde liegt III, 4); nun ist aber der Längenunterschied zweier Erdorte der Bogen des Aequators oder irgend eines Parallels zwischen ihren Meridianen, und es verhalten sich daher überhaupt jene Längenunterschiede wie die Zeiten zwischen den Durchgängen eines und desselben Sterns durch die Meridiane der betreffenden Erdorte (insbesondere also wie die Zeiten zwischen den Kulminationen der mittleren Sonne an denselben). — Da ferner an jedem Erdort die „bürgerliche Uhr" Mittag zeigen muß, wenn die sogenannte mittlere Sonne kulminirt, so haben Erdorte unter verschiedenen Meridianen zu verschiedenen Zeitpunkten Mittag (der östlichere früher als der westlichere), und daher in einerlei Zeitpunkt verschiedene Uhrzeiten (die östlichere Uhr der westlicheren voran), deren Unterschied dem Mittagsunterschied oder der Zeit zwischen den Kulminationen der mittleren Sonne an beiden gleich ist; da sich nun nach obigem die Längenunterschiede verhalten wie die Mittagsunterschiede, so verhalten sie sich auch wie die Unterschiede der Uhrzeiten, wobei die 360 Grad der Länge den 24 Stunden des Tags entsprechen, woraus die obigen Verhältnisse. — Erscheinungen bei Reisen um die Erde, überhaupt bei Reisen nach Westen und Osten. — Mittel zur Bestimmung des Längenunterschieds zweier Erdorte (d. h. zur Ermittlung, um wieviel Grad der eine westlich oder östlich vom anderen liegt); sei es Uhrentransport, sei es Vergleichung der Uhrzeiten, zu welchen ein gleichzeitig an beiden Orten beobachtetes Ereigniß stattgefunden hat (dergleichen an zwei entfernten Orten gleichzeitig beobachtbare Ereignisse bietet der Himmel in Menge, wie Trabantenfinsternisse, Sternbedeckungen).

6. Bei der Axendrehung der Erde hat ein Punkt derselben eine um so größere Geschwindigkeit, je weiter er von der Axe entfernt ist, und zwar so, daß die Geschwindigkeit jedes Punkts der Erde seinem Abstand von der Erdaxe proportionirt ist.

Die Geschwindigkeiten verschiedener Punkte verhalten sich überhaupt wie die gleichzeitig durchlaufenen Wege, also bei einer Axendrehung (III, 1) wie die Parallelkreise der einzelnen Punkte, und diese verhalten sich wie die Halbmesser oder die Abstände von der Axe. — Die Geschwindigkeit der Erdorte bei der täg-

lichen Bewegung ist daher nach der geographischen Breite verschieden (null am Pol, am größten, 5400 Meilen in 24 Stunden, am Aequator) sowie unter jeder Breite mit der Höhe über dem Meer. — Einwurf gegen die Axendrehung der Erde aus Mißverständniß der relativen Bewegung (ein Stein, den man von einem Thurm fallen lasse, müßte westlich von demselben am Boden ankommen, wenn die Erde westöstlich sich umdrehe), welcher sich mittelst des vorliegenden Satzes ins Gegentheil umkehrt (östlich auffallen), und somit zu einem erfahrungsmäßig vollziehbaren Beweis für die Axendrehung der Erde führt (Benzenbergs „Versuche über die Axendrehung der Erde"). Der Stein hat nämlich die an der Thurmspitze herrschende größere Geschwindigkeit und eilt deßhalb dem Thurmfuß vielmehr ostwärts voran (zugleich bemerke man, daß vermöge der Axendrehung jeder Fall eigentlich ein Wurf ist).

7. Die Axendrehung der Erde ist dauerhaft; es ändert sich weder die Dauer des Sterntags noch die Lage der Erdaxe im Erdkörper; ihre Lage im Weltraum ändert sich zwar, aber sehr langsam, so daß sie während eines Jahrs sich nahezu parallel bleibt.

Eine Veränderung in der Lage der Erdaxe im Erdkörper, mithin der Pole und des Aequators an der Oberfläche, würde sich durch eine Veränderung der geographischen Breite der Erdorte zu erkennen geben. So weit aber Himmelsbeobachtungen und geschichtliche Denkmale zurückreichen, hat sich keine Veränderung in den geographischen Breiten, noch auch in der Dauer des Sterntags gezeigt. Ueberdieß weist die Mechanik theoretisch nach, daß die Einwirkungen anderer Weltkörper (VI, 7) jene beiden „Hauptelemente" der Axendrehung nicht merklich zu ändern vermögen. — Dagegen zeigt sich die Aenderung der Richtung der Erdaxe im Weltraum darin, daß sie im Verlauf sehr langer Zeiträume nach anderen und anderen Sternen hinweist; die Alten hatten einen anderen Polarstern als wir, und nach Jahrtausenden wird wieder einem anderen diese Rolle zukommen; über die näheren Umstände dieser Veränderung (der Präcession), sowie über ihre in den Einwirkungen anderer Weltkörper liegende Ursache, sind die folgenden Abschnitte zu vergleichen (namentlich V, 4 und VI, 7). — Trotzdem aber kann man für kleine Zeiträume, wie für ein Jahr, von fast vollkommenem Parallelismus der Erdaxe sprechen, was für den Jahreszeitenwechsel von größtem Belang ist.

8. Die Dauerhaftigkeit der Axendrehung setzt eine entsprechende **Unveränderlichkeit** in der **Größe, Gestalt und Massenvertheilung** des **Erdkörpers** voraus (d. h. diese Dinge können nicht wesentlich sich geändert haben, so lange die Dauer des Sterntags und die Lage der Erdpole sich gleich geblieben sind).

Die Mechanik zeigt, daß eine **Aenderung** im **Rauminhalt** eines axendrehenden Körpers, während sonst Alles sich gleichbleibt, eine Aenderung in der Geschwindigkeit, und somit in der Dauer dieser Bewegung mit sich bringt, dergestalt daß Vergrößerung des Rauminhalts sie verlangsamt, Verkleinerung sie beschleunigt (das Gesetz entspricht dem über den Zusammenhang der Pendellänge mit der Schwingungszeit II, 9). — Insbesondere hat man berechnet, daß wenn seit 2000 Jahren der Durchmesser der Erde nur um den 100000sten Theil seiner selbst abgenommen hätte (etwa durch Erkaltung, vgl. XII, 11), der Sterntag seitdem um 1,7 Sekunden kürzer geworden sein müßte, während er den Beobachtungen gemäß um keine Hundertstelsekunde sich verändert hat. — Eben so lehrt mechanische Theorie und Erfahrung, daß **Aenderungen in Gestalt und Massenvertheilung**, seien sie mit Größenänderung verbunden oder nicht, eine Veränderung in der Lage der Axe zur Folge haben, sofern einer bestimmten Gestalt und Massenvertheilung nur gewisse bestimmte Axenrichtungen entsprechen, um welche eine dauerhafte Umdrehung möglich ist (IV, 3). — Nun gehen zwar durch geologische Prozesse (Erhebung neuer Vulkane, Ausbrüche u. s. w.), durch menschliche Bauten und Waarentransport fortwährend Aenderungen in der Massenvertheilung vor sich, allein dieselben sind im Vergleich mit der ganzen Erdmasse völlig unbeträchtlich, und daher, sowie die Einwirkungen anderer Weltkörper (III, 7), zu schwach, um eine **merkliche** Veränderung der Axe im Erdkörper hervorzubringen.

9. Die **Entstehung** der **Axendrehung** der Erde hängt mit der Entstehung des Erdkörpers selbst zusammen; sie hat ohne Zweifel nach Dauer und Richtung mannigfache (theils langsame, theils plötzliche) Veränderungen erlitten, bis sie mit vollendeter Bildung des Erdkörpers dauerhaft werden konnte; die Erhaltung derselben von da ab aber beruht auf der Bewegung selbst, nämlich auf einer dabei entstehenden Kraft, der **Schwungkraft**.

Eine Drehung um eine feste Axe entsteht durch jeden Stoß, dessen Richtung nicht durch die Axe geht, eine Drehung um eine freie Axe durch jeden Stoß, dessen Richtung nicht durch den Schwerpunkt des Körpers geht (wenn gleichwohl ein halbfreier Körper durch einen Mittelstoß ins Rollen geräth, so liegt die Ursache in der Reibung gegen die feste Ebene). — Wenn man nun sagen kann, die Axendrehung der Erde gehe gerade so vor sich, wie wenn der fertige Erdkörper einen so und so beschaffenen excentrischen Stoß erhalten hätte: so wird damit keineswegs behauptet, daß diese Bewegung wirklich erst von einem äußeren Anstoß auf die fertige Erde herrühre; vielmehr ist die Ursache in der allmäligen Entstehung und Ausbildung des Erdkörpers selbst zu suchen, sammt der Ursache zahlreicher und bedeutender Veränderungen, welche denjenigen in Größe, Gestalt und Massenvertheilung entsprechen (III, 8). — Welche Vorstellung man sich etwa von der Bildung der Erde bis zu dem jetzigen dauerhaften Zustand zu machen hat, davon handelt der letzte Abschnitt; der nächste aber handelt von der Kraft, wodurch eine freie Axendrehung sich erhält, wofern einmal die Bedingungen der Dauerhaftigkeit (III, 8) vorhanden sind. — Uebrigens sieht man am nächsten besten Kreisel (welcher nicht-drehend auf seinem Fuß höchstens eines ganz hinfälligen Gleichgewichts fähig ist, in Drehung versetzt aber selbst Stöße aushalten kann, ohne zu fallen), daß in der Axendrehung selbst die Ursache liegen muß, welche die freie oder halbfreie Axe erhält.

10. Die Axendrehung ist ohne Zweifel, wie die kugelförmige Gestalt (I, 6), eine allgemeine Eigenschaft der Weltkörper; unter diesen zeigen die (Haupt-) Planeten erdähnliche, die Monde (Nebenplaneten) aber ganz eigenthümliche Drehungsverhältnisse.

Wie das Vorhandensein eines freien Körpers im Weltraum ohne Bewegung, sowie eine Axendrehung eines freien Körpers ohne fortschreitende Bewegung kaum denkbar ist, so wäre auch Fortschreitung ohne irgend welche Drehung bei einem Weltkörper schwer zu begreifen. — Die Erfahrung kann aber freilich nur an denjenigen Weltkörpern Axendrehung nachweisen, welche überhaupt merkliche Scheiben darbieten, nimmermehr bei blosen Punkten, also bei keinem Fixstern. Bei denjenigen, welche als Scheiben erscheinen (I, 5), hat man stets auch eine Axendrehung wahrge-

nommen an dem regelmäßigen Fortrücken, Verschwinden und Wiedererscheinen von besonderen kenntlichen Punkten (Flecken); wo solche ganz fehlten, wäre sie trotz der Scheiben unwahrnehmbar. — So auch bei der Sonne an dem westöstlichen Fortrücken ihrer berühmten und auffallenden Flecken (VIII, 11), die nur zu veränderlich sind, um das Ergebniß als ganz gesichert zu betrachten, daß sie zu einer Umdrehung 25½ Tage braucht (was wegen der Größe der Sonne eine raschere Bewegung ist, als die Axendrehung der Erde, denn der Sonnenäquator ist 111mal größer als der Erdäquator). — Alle Planeten drehen sich in viel kürzeren Zeiträumen um, wobei auffallend ist, daß während bei den näheren kleineren so ziemlich derselbe Zeitraum, wie bei der Erde, stattzufinden scheint, die größeren entfernteren eine weniger als halb so lange Drehungszeit haben (Jupiters Riesenkörper mit einem Umfang, der den Erdäquator über 11mal übertrifft, dreht sich in kaum 10 Stunden einmal um). — Der Mond hat das ganz Eigenthümliche, daß er in derselben Zeit, in welcher er die Erde einmal umwandelt, d. h. in einem Sternmonat (27 Tage 7 Stunden), einmal um seine Axe sich dreht in der Richtung Ost-West, und daher der Erde stets einerlei Seite zukehrt; ähnliches scheint auch bei den Monden anderer Planeten, namentlich bei den Jupitersstrabanten, stattzufinden.

IV. Die irdische Schwungkraft.

1. Bei jeder Axendrehung entsteht eine Kraft, welche alle Punkte des Körpers von der Axe in einer zu ihr rechtwinkligen Richtung zu entfernen strebt, die Schwungkraft (Centrifugalkraft).

Dieß ist sogar ein allgemeines Merkmal jeder krummlinigen Bewegung, insbesondere also der Kreisbewegungen, aus denen eine Axendrehung besteht (III, 1), und beruht auf der Trägheit (II, 3), wornach nämlich der zum Kreisen gezwungene Körper stets das Bestreben hat, in der jedesmaligen Tangente sich fortzubewegen. Träte nun durch Beseitigung oder Ueberwindung jenes Zwangs dieser Fall wirklich ein, so würde sich der Körper zugleich in der Verlängerung des Halbmessers vom Mittelpunkt entfernen, und man kann sich eine Kraft vorstellen, welche die gerade Entfernung vom Mittelpunkt für sich bewirkte. — Dieß ist die Schwungkraft, die also nicht der Tan-

gente entlang, sondern rechtwinklig zu derselben in der Verlängerung des Halbmessers wirkt, und daher bei einer Axendrehung rechtwinklig von der Axe weg, da die Mittelpunkte aller dabei beschriebenen Kreise in der Axe liegen; das Vorhandensein der in dieser Richtung wirkenden Kraft zeigt die Schwungmaschine unmittelbar durch die Vorrichtung, welche die Bewegung entlang der Tangente verhindert. — Ihrer Entstehung gemäß muß die Schwungkraft um so größer sein, je größer die Geschwindigkeit des kreisenden Körpers und je größer die Krümmung (je kleiner also der Halbmesser des Kreises); die Mechanik zeigt, daß sie dem Quadrat der Geschwindigkeit gerade und dem Halbmesser umgekehrt proportionirt ist. „Die Größe des Schwungs“ endlich hängt nicht nur von dem Betrag der Schwungkraft, sondern auch von der kreisenden Masse ab (nach dem allgemeinen bei II, 4 erwähnten Gesetz); man findet also die Verhältnißzahl für den Schwung einer kreisenden Masse, indem man das Produkt aus den Verhältnißzahlen der Geschwindigkeit im Quadrat und der Masse (des Gewichts II, 7) durch die des Halbmessers dividirt. Gleichgewicht zweier Schwünge an der Schwungmaschine.

2. Bei einer und derselben Axendrehung verhalten sich die Beträge der Schwungkraft an den verschiedenen Punkten des Körpers, wie deren Abstände von der Axe; sie nimmt daher längs der Oberfläche vom Aequator, wo sie am größten, bis zu den Polen allmälig ab, wo sie null ist; bei verschiedenen Axendrehungen verhalten sich die Aequatorschwungkräfte gerade wie die Aequatorhalbmesser und umgekehrt wie die Quadrate der Drehungszeiten.

Diese Sätze, welche vorzugsweise Anwendung auf die Axendrehungen der Weltkörper finden, lassen sich leicht aus dem (IV, 1) erwähnten Grundgesetz der Schwungkraft herleiten, indem man noch für den ersten den Satz (III, 6) zu Hilfe nimmt, für den zweiten aber, daß (gemäß dem allgemeinen Begriff der gleichförmigen Bewegung) die Aequatorgeschwindigkeiten zweier Axendrehungen sich verhalten wie die Aequatorumfänge (also auch die Aequatorhalbmesser) dividirt durch die Drehungszeiten. — Sind daher die Aequatoren gleich, so verhalten sich die Aequatorschwungkräfte umgekehrt wie die Quadrate der Drehungszeiten, ebenso die Schwungkräfte unter zwei gleich großen Parallelkreisen; wäre

also z. B. der Sterntag halb so lang als er wirklich ist, so wäre die irdische Schwungkraft überall 4mal so groß.

3. Durch den Schwerpunkt eines Körpers gibt es Richtungen, um welche her nach rechtwinkligen Abständen die Masse des Körpers gleich vertheilt ist; sie heißen Hauptaxen (Massenaxen) und sind zugleich die dauerhaften Drehaxen, welche durch die Schwungkraft selbst erhalten werden (III, 9).

Die Massenaxe entspricht ganz dem Massenmittelpunkt (II, 8); die gleiche Massenvertheilung ist näher so zu verstehen, daß, wo man durch eine solche Axe eine rechtwinklige Gerade legen mag, längs derselben jedem Massentheilchen auf der einen Seite ein gemäß dem Hebelgesetz (II, 7) gleichwichtiges auf der anderen entspricht, daß also je zwei Massentheilchen sich umgekehrt verhalten, wie ihre Abstände von der Axe. — Da nun die Schwungkräfte wie diese Abstände sich verhalten (IV, 2), so sind die Schwünge (IV, 1) auf beiden Seiten gleich und entgegengesetzt, ziehen also die Axe gleich stark nach entgegengesetzten Seiten; eine solche Axe wird daher durch die Schwungkraft selbst in ihrer Lage erhalten, und nur um eine solche ist eine dauerhafte Drehung eines freien Körpers möglich. — Jede andere Axe erleidet von der Schwungkraft ungleichen Zug nach verschiedenen Seiten, kann also nicht bestehen, und hätte eine Axendrehung um eine solche „momentane" oder hinfällige Drehaxe begonnen, so würde sie nach einer Reihe von Schwankungen von selbst in eine Drehung um eine dauerhafte Axe umschlagen, gleichwie ein Körper aus dem hinfälligen Gleichgewicht ins dauerhafte umkippt (II, 8). — Dreht sich nun ein Körper um eine dauerhafte Axe, und ist er überdieß keiner äußeren Störung unterworfen, so erhält sich jene Axe unter der Wirksamkeit der Schwungkraft nicht nur im Körper, sondern auch im Raum in unveränderter Lage. Ist aber eine äußere Ursache da, welche dem ganzen Körper eine andere Lage zu geben strebt, so geht die Drehaxe zwar stets durch dieselbigen Punkte des Körpers, aber sie verändert mit diesem ihre Lage im Raum und in einem solchen Hergang besteht die (III, 7) erwähnte Präcession. — Erläuterung durch den Kreisel und den Bohnenbergerschen Axendrehungsapparat, welcher überhaupt eine freie Axendrehung um einen festen Punkt anschaulich macht.

4. Die irdische Schwungkraft ist eine der Schwere entgegengesetzte Kraft (gerade entgegengesetzt übrigens nur am Aequator); sie wird jedoch von dieser weit überwogen, und beträgt am Aequator (wo sie am größten ist IV, 2) nur ungefähr $\frac{1}{289}$ vom Betrag der Schwerkraft (welche ebendaselbst am kleinsten ist, vergl. IV, 6).

Die Schwerkraft zieht nach der Erdmitte, die Schwungkraft rechtwinklig weg von der Erdaxe; beide Richtungen fallen daher nur am Aequator in eine nämliche Gerade und bilden sonst überall einen stumpfen Winkel, welcher polwärts stets weniger stumpf wird. — Wäre die Axendrehung der Erde 17mal schneller, oder dauerte der Sterntag nur $1\frac{7}{17}$ Stunden, so wäre die Schwungkraft am Aequator 289mal ($289=17^2$) stärker (IV, 2) und würde mithin der Schwere im Betrag gleichkommen, mithin wären daselbst die Körper unter dem Einfluß beider Kräfte im Gleichgewicht. — Jenes Verhältniß der Schwere und Schwungkraft findet statt, seitdem die Axendrehung des fertigen Erdkörpers dauerhaft geworden ist (III, 9).

5. Von der Schwungkraft rührt die unbeträchtliche Abweichung der Erde von der Kugelgestalt her, welche unter dem Namen „Abplattung der Erde" bekannt ist, und darin besteht, daß, während der Aequator und seine Parallelen Kreise bleiben, die Meridiane keine Kreise, sondern Ellipsen sind. Längs jedem Meridian nimmt der Halbmesser und die Krümmung vom Aequator polwärts ab, übrigens ist der Aequatorhalbmesser nur gegen drei Meilen länger als der Polhalbmesser.

Unter der Wirksamkeit irgend welcher Kräfte muß eine flüssige Masse eine solche Gestalt annehmen, daß die Mittelkraft jener Kräfte (II, 1) zur freien Oberfläche in jedem Punkt rechtwinklig ist. Aus diesem allgemeinen Satz der Mechanik über das Gleichgewicht flüssiger Massen folgt, daß die Erde unter alleiniger Wirksamkeit der Schwere vollkommene Kugelgestalt annehmen mußte (vgl. I, 6; II, 11), d. h. eine Gestalt, bei welcher die Richtung der Anziehung selbst oder die Richtung nach der Erdmitte rechtwinklig zur Oberfläche ist; ebensowohl aber folgt, daß das Vorhandensein der Schwungkraft dieß in der Art verhindert, daß nunmehr die Mittelkraft der Schwere und Schwungkraft überall zur Oberfläche

senkrecht sein muß, eine Richtung, welche nun nicht mehr nach dem Mittelpunkt (der Masse und der Anziehung) gehen kann. — Die Mechanik weist aber ferner nach, daß alsdann die elliptische Figur der Meridiane entstehen muß; übrigens begreift man leicht, daß da, wo die Schwungkraft am stärksten ist, mehr Masse sich anhäufen mußte, und von da an allmälig weniger bis zu den Polen, wo gar keine Schwungkraft stattfindet, ein Hergang, den die Schwungmaschine versinnlicht. — Entstehung der Ellipse aus dem Kreis durch proportionirte Verkürzung aller Ordinaten; Mittelpunkt, Hauptaxen, größter und kleinster Halbmesser, größte und kleinste Krümmung. Da der stärkeren Krümmung ein kleinerer, der schwächeren ein größerer Kreis entspricht, und da einem und demselben Mittelpunktswinkel, z. B. von 1 Grad, im kleineren Kreis ein kleinerer Bogen zukommt, als im größeren, so können in dem elliptischen Meridian die Breitengrade nicht gleich sein, sondern müssen vom Aequator polwärts etwas größer werden. — Diese Zunahme der Breitengrade ist also ein wesentliches Merkmal von der Abplattung der Erde, und an diesem hat man sie auch erfahrungsmäßig erkannt durch die Gradmessungen (I, 1), welche im vorigen und laufenden Jahrhundert unter verschiedenen Breiten angestellt worden sind, und woraus sich der Betrag der Abplattung ergeben hat ($^1/_{300}$, wie man gewöhnlich sagt, d. h. der Aequatorhalbmesser ist um $^1/_{300}$ seiner Länge größer als der Polhalbmesser, was gegen 3 Meilen ausmacht); es ist also eine kleine Größe im Vergleich mit dem Betrag irgend eines Erdhalbmessers, aber doch beträchtlich größer (nämlich mehr als das doppelte) als die Meereshöhe der höchsten Berggipfel. — Einen Körper, dessen Meridiane Ellipsen, dessen Aequator und Parallelen aber Kreise sind, nennt die Geometrie Rundellipsoid, weil man ihn als durch Umdrehung einer Ellipse um ihre Kleinaxe entstanden betrachten kann, und man schreibt daher der Erde eine rundelliptische Gestalt zu, um ihre Kugelähnlichkeit (Sphäroid) näher zu bezeichnen. — Stärkere Abplattung anderer Weltkörper, bei Jupiter z. B. (vergl. III, 10) übertrifft der Aequatorhalbmesser den Polhalbmesser um 1494 Meilen, oder die Abplattung ist ungefähr $^1/_{15}$; unmerkliche Abplattung der Sonne (vgl. IV, 8); der Mond zeigt eine von der Abplattung ganz verschiedene Abweichung von der Kugelgestalt, die der Erde stets zugekehrte Seite (III, 10) ist schwerer und ausgewölbter.

6) Vermöge der Abplattung und Schwungkraft nimmt die beschleunigende Kraft der Schwere vom Aequa-

tor (wo sie am kleinsten) nach den Polen hin zu (wo sie am größten), und geht die Richtung eines Hängloths nicht genau nach der Erdmitte.

Die Verschiedenheit der Schwere nach der geographischen Breite (sowie nach der Meereshöhe II, 2) hat man durch Pendelschwingungen erforscht (II, 9); ein Pendel von einerlei Länge schwingt am langsamsten am Aequator, am schnellsten am Pol, und Pendel, welche unter verschiedenen Breiten gleiche Schwingungszeiten haben sollen, müssen ungleich lang sein, am längsten am Pol, am kürzesten am Aequator; die Zunahme der Länge des Sekundenpendels mit der Zunahme der Schwere. — Diese Erscheinung hat eine gedoppelte Ursache; einmal nimmt nämlich wegen der Abplattung die Stärke der Erdanziehung an sich polwärts zu (II, 2), alsdann aber wirkt dieser Anziehung die Schwungkraft entgegen, welche vom Aequator polwärts bis zu Null abnimmt, und überdieß der Anziehung stets weniger gerade entgegenwirkt (IV, 4). — Ueberhaupt beobachten wir stets nur die vereinte Wirkung von Erdanziehung (Schwerkraft) und Schwungkraft, unsere „irdische Schwere" ist eigentlich die Mittelkraft aus beiden; daher geht auch deren Richtung, also die Richtung eines Hängloths (oder die des freien Falls), nicht genau nach der Erdmitte (IV, 5). Da nun der Scheitelpunkt eines Orts in der Verlängerung des Halbmessers liegt, so gibt ein Hängloth nicht das wahre Zenith, noch ein Flüssigkeitsspiegel den wahren Horizont (II, 11); daher ist auch die beobachtete Polhöhe (III, 3) oder Breite eines Orts nicht genau richtig, sondern bedarf einer kleinen Verbesserung wegen der Abweichung des Hängloths von der wahren Scheitellinie, worauf aber blos bei genauen astronomischen Bestimmungen Rücksicht zu nehmen. — Ueberhaupt müssen alle Sätze, welche die Kugelgestalt der Erde voraussetzen (wie also II, 1), etwas beschränkt werden.

7. So gewiß auf der einen Seite die Erde ein so kugelähnlicher Körper ist, daß man selbst von ihrer Abplattung häufig Umgang nehmen kann: so gewiß ist auf der anderen Seite ihre Gestalt auch mit dem Rundellipsoid (IV, 5) noch nicht erschöpft, vielmehr bleiben noch zahlreiche Abweichungen von unbekanntem Gesetz zurück, deren Betrag übrigens geringer als die Abplattung ist (dahin gehört insbesondere die Rauhigkeit der Oberfläche).

Die Gradmessungen (IV, 5) stimmen wohl im Wesentlichen überein, um die nahezu elliptische Gestalt der Meridiane darzuthun, aber nicht vollkommen, so daß man überhaupt keine regelmäßige Gestalt angeben kann. — Streng genommen ist also die Erde ein ganz unregelmäßig gestalteter Körper, aber diese zurückbleibenden wirklichen (denn die der Abplattung ist eine regelmäßige Abweichung von der Kugelgestalt) Unregelmäßigkeiten sind im Vergleich mit dem Erdganzen sehr kleine Größen, nach Art der Unebenheiten des Festlandes, die auch mit dazu gehören und wohl jedem Versuch spotten werden, ein Gesetz in ihnen zu finden (XVI, 2). — Ohne Zweifel hängen diese Unregelmäßigkeiten in der Gestalt mit Unregelmäßigkeiten in der Vertheilung der Masse zusammen, die von demselben Rang der Größe sind, so daß auch der Satz (II, 11) nur als nahezu richtig gelten darf, wornach der Erdkörper aus einer Reihenfolge von Schichten besteht, deren jede rund herum gleiche Dichte besitze, während diese nach der Mitte allmälig zunimmt. — Die Ursache von allen diesen Unregelmäßigkeiten ist aber in weiteren Kräften zu suchen, welche außer der Schwere und Schwungkraft noch bei der Bildung des Erdkörpers mitgewirkt haben, und zwar in den sogenannten geologischen Kräften, von denen, ohne allen Zweifel, die Rauhigkeit der starren Oberfläche herrührt.

8. Vermöge des bestehenden Betrags der Erdabplattung (IV, 5) muß ihre Dichte nach der Mitte zunehmen (vgl. II, 10), kann aber auch das Verhältniß der Kerndichte zur oberflächlichen Dichte gewisse Gränzen nicht übersteigen (d. h. es kann diese von jener nicht sehr vielmal, schwerlich über 5- bis 6mal übertroffen werden).

Begreiflicher Weise muß unter sonst gleichen Umständen die Abplattung um so größer sein, je mehr die Masse sozusagen nach der Oberfläche zu angehäuft ist, und um so kleiner, je mehr sie nach der Mitte zu gesammelt ist, denn im ersten Fall ergibt sich ein um so mächtigerer, im zweiten ein um so schwächerer Schwung (IV, 1). — Die Mechanik weist aber genau nach, daß bei gleichmäßiger Dichte des ganzen Erdkörpers die Abplattung $^1/_{230}$ (statt nur $^1/_{300}$) betragen müßte; noch bedeutender würde sie, wenn die Dichte nach innen abnähme, oder, wenn gar das Innere hohl wäre, so daß also die Abplattung der Erde ein hohles Erdinnere ausschließt (keine sogenannte Unterwelt anzunehmen gestattet). —

Ferner weist die Mechanik nach, daß die Abplattung bei sehr überwiegender Kerndichte ungleich kleiner sein müßte, namentlich nur $^1/_{576}$ betragen könnte, wenn die Verdichtung nach der Mitte zu so groß wäre, daß die Richtung der Schwere (d. h. des Hängloths) trotz der Schwungkraft keine merkliche Abweichung von dem Halbmesser zeigen könnte (eine Massenvertheilung, wie sie in Wirklichkeit bei der Sonne stattzufinden scheint). — Dürfte man jene vollkommen regelmäßige Schichtenlagerung (IV, 7) annehmen, so könnte man sogar aus dem Betrag der Abplattung genau ermitteln, wie vielmal die Kerndichte, und daher auch die mittlere Dichte, die oberflächliche übertreffen müßte, und da die in jener Voraussetzung ermittelte mittlere Erddichte in der That von der anderweitigen Bestimmuug derselben (II, 10) nicht sehr abweicht, so können sehr beträchtliche Unregelmäßigkeiten in der Massenvertheilung nicht stattfinden (was auch mit der Kleinheit der Unregelmäßigkeiten in der Gestalt übereinstimmt IV, 7), und es kann weder Höhlungen, noch örtliche Verdichtungen im Erdinneren geben, welche mit dem ganzen Erdkörper in einige Vergleichung kämen.

V. Der Umlauf der Erde um die Sonne.

1. Die Wandelsterne, welche man vorzugsweise Planeten (Hauptplaneten) nennt, sind Trabanten der Sonne, welche sie bei sehr verschiedenen Entfernungen und Umlaufszeiten in einerlei (westöstlicher) Richtung und in (nahezu) ebenen Bahnen umkreisen, die in der Mittelzone des Himmels (III, 3) sich befinden (zu beiden Seiten des Sonnenäquators).

Der Planetenlauf, wie er von der Erde aus erscheint; untere und obere Planeten; Conjunktionen, Oppositionen, Quadraturen (worauf beim Mond die allbekannten „Phasen" beruhen); Unregelmäßigkeiten desselben: Stillstände, Rückgänge, Zickzack (nicht in einer Ebene). — Vergleicht man hiemit die Regelmäßigkeit des Mondlaufs, welcher in gleichbleibender westöstlicher Richtung und in einer Ebene erfolgt, so stellt sich heraus, daß, so gewiß der Mond die Erde umwandelt, eben so gewiß die Bewegung der Planeten nicht um die Erde vor sich geht; jene auffallenden Erscheinungen rühren nur daher, daß die Bewegung von einem excentrischen und sich selbst bewegenden Standpunkt aus

beobachtet wird. — Faßt man aber den Lauf sämmtlicher Planeten ins Auge, wie er von der Sonne aus erscheint, so bietet er dieselbe Regelmäßigkeit dar, wie der des Monds in Bezug auf die Erde, und daraus folgt, daß die Sonne der Mittelpunkt ist, um den alle Planetenbewegungen in Ebenen und mit gleichbleibender Richtung erfolgen; besonders auffallend ist das Trabantenverhältniß zu der Sonne bei den beiden unteren Planeten, welche sie als „Morgen- und Abendsterne“ (wie die Trabanten eines Planeten diesen) umschweben.

2. Die Erde ist ein Planet (der dritte in der Folge von der Sonne aus) und umläuft die Sonne in einer Ebene, die mit dem Aequator einen Winkel von 23½ Grad macht (die Ekliptik und ihre Schiefe), und in der Zeit, binnen welcher die Sonne wieder in dieselbe Stellung unter den Fixsternen zurückkehrt (das Sternjahr, welches etwas über 366 Sterntage begreift).

Auch diese Bewegung kann (vgl. III, 1) nur an der Veränderung der Umgebung bemerkt werden, vor Allem an dem scheinbaren jährlichen Umlauf der Sonne um die Erde, und dieser zeigt sich zunächst an dem scheinbaren Fortrücken der Sonne unter den Fixsternen, vermöge dessen die Sonne täglich um fast 4 Minuten gegen die Fixsterne westwärts zurückbleibt (III, 4), und der mitternächtliche Himmel in der Mittelzone allmälig sich ganz umgestaltet. — Faßt man also z. B. einen Stern ins Auge, der heute um 9 Uhr Abends nach Sonnenzeit kulminirt, so erscheint er morgen gegen 4, übermorgen gegen 8, nach einer Woche über 27 Minuten vor 9 Uhr im Meridian des betreffenden Erdorts, bis diese „Verfrühung“ einen vollen Tag ausmacht, und der Stern wieder um 9 Uhr Abends kulminirt; dann ist die Sonne in dieselbe Stellung zu jenem Stern zurückgekehrt, und der Zeitraum beträgt so viel Sonnentage, als jene tägliche Verfrühung (genauer 236,1 Sekunden) in einem Sonnentag (oder in 86400 Sekunden) enthalten ist, d. h. etwas über 365 Sonnentage, denen 366 Sterntage entsprechen, weil der Stern offenbar einmal öfter kulminirt hat, als die Sonne. — Daß nun diese Erscheinung ebensowohl durch das wirkliche Fortrücken der Erde in der Richtung West-Ost, als durch das scheinbare Fortrücken der Sonne in derselben Richtung sich erklärt, ist schon bei (III, 4) gezeigt worden. Daß aber erstere die wirkliche Bewegung ist, oder daß die Erde in einem Jahr

um die Sonne, nicht diese um jene sich bewegt: das folgt schon aus der Natur der Sache, indem es undenkbar ist, daß alle jene erdähnlichen Körper, die Planeten, um die Sonne, diese aber, der nach Größe und sonstiger Natur ganz verschiedenartige Körper (mit den Planeten als ihren Trabanten) um die Erde, also um einen mit ihren Trabanten gleichartigen Körper (I, 5) sich bewegen sollte; es folgt ferner aus den Stillständen und Rückgängen der Planeten (V, 1), die nichts als „parallaktische" Erscheinungen sind (beim Vorbeigehen der Erde an einem Planeten zur Conjunktionszeit durch den Unterschied der beiderseitigen Geschwindigkeiten erzeugt). — Von der Parallaxe war aber auch ein Haupteinwurf gegen die Lehre von einer fortschreitenden Bewegung der Erde hergenommen, daß nämlich die Fixsterne auch in Beziehung auf die 41 Mill. Meilen lange Standlinie (die Weite der Erdbahn) keine meßbare Parallaxe, oder, wie man es kurz ausdrückt, keine „Jahresparallaxe" zeigen; daß dieß aber nur von der ungeheuren Entfernung herrührt, hat heutzutage die Entdeckung von Fixsternparallaxen thatsächlich dargethan (I, 4), abgesehen davon, daß man längst eine Erscheinung kannte, in welcher gleichsam alle Fixsterne jährlich die Erdbahn am Himmel in unzähligen Miniaturbildern abzeichnen (VII, 4). — Das kopernikanische System (in den beiden Sätzen V, 1. 2 bestehend) und die anderen Planetensysteme (das ptolemäische, altägyptische, tychonische); die Entdeckung des Planeten Erde und die neueren Entdeckungen weiterer Planeten und periodischer Kometen. — Daß die Erdbahn in einer gegen den Aequator schiefliegenden Ebene sich befindet, folgt aus der regelmäßigen Veränderung in der Abweichung der Sonne, deren Größtes nach beiden Seiten 23½ Grad beträgt; daher erscheint die Sonne der Reihe nach im Jahr in den der Ekliptik entlang stehenden Sternbildern, die den sogenannten Thierkreis ausmachen. Erweitert man diese Himmelszone, welche die Sonne nie verläßt, beiderseits noch um einige Grad, so sind in ihr auch die übrigen Planeten und der Mond enthalten; dieß ist die Thierkreiszone des Himmels (ein Stück unserer Mittelzone III, 3); ihre Hauptebene ist aber nicht sowohl die Ekliptik, als vielmehr der Sonnenäquator (V, 1), der mit jener einen Winkel von ungefähr 8 Grad macht.

3. Daß die Sonne bei dem Umlauf der Erde allmälig über die verschiedenen Parallele (bis 23½ Grad zu beiden

Seiten des Aequators) zu stehen kommt, worauf die Jahreszeitenwechsel und Zonenverhältnisse beruhen, rührt theils von der Schiefe der Ekliptik, theils davon her, daß die Erdaxe bei dem Umlauf nahezu sich parallel bleibt (III, 7).

Die vier Hauptstellungen der Erde zur Sonne, welche dem Beginn der astronomischen Jahreszeiten entsprechen, am Globus veranschaulicht; bleibt die Erdaxe nahezu parallel, so ist der Winkel, den die Nordhälfte der Axe mit der Strahlenrichtung macht, abwechselnd ein kleinster (spitzer), ein rechter und ein größter (stumpfer), und die Sonne steht entprechend nordpolwärts, über dem Aequator und südpolwärts; durch geeignete Drehung ber Erdaxe aber könnte bewirkt werden, daß die Sonne, trotz des Umlaufs, stets über demselben Parallel stünde. — Die Wendekreise, Polarkreise und die dadurch begränzten Erdzonen. Die Eigenthümlichkeiten derselben kann man kurz dahin aussprechen, daß die Sonne in der Polarzone zeitweise nördlicher und südlicher Umpolstern ist, in der Tropenzone aber zeitweise Scheitel- und Ueberscheitelstern, in der Mittelzone keines von beiden. — Die jetzige Vertheilung der Zonen hängt von diesem bestimmten Betrag der Ekliptikschiefe (rund ¼ Rechter) ab; Vertheilung bei anderen Schiefen (insbesondere bei 0, 45 und 90 Grad); bei Abnahme der Schiefe erweitert, bei Zunahme derselben verengert sich die Mittelzone, bis sie bei ½ R. verschwindet, und sofort bei weiterem Wachsen der Schiefe eine neue Mittelzone entsteht, welche die Eigenschaften der beiden anderen theilt, während die jetzige Mittelzone sie ausschließt.

4. Die Folge von der langsamen Veränderung in der Lage der Erdaxe (III, 7) ist nur die, daß die Jahreszeiten allmälig etwas früher eintreten (daher Präcession), so daß der Zeitraum, innerhalb dessen die Sonne in die nämliche Stellung zum Aequator zurückkehrt, d. h. das Jahrszeitenjahr (tropische Jahr, worauf das bürgerliche beruht) um ungefähr 20 Minuten kürzer ist als das Sternjahr (V, 2).

Die mehrgedachte Veränderung beruht auf einer allmäligen Verrückung des Erdkörpers gegen die Erdbahn, vermöge deren die Erdaxe in ungefähr 25000 Jahren eine volle

Umdrehung um die zur Erdbahn rechtwinklige Richtung (um die „Axe der Ekliptik") macht, und zwar ostwestlich, also entgegengesetzt der Axendrehung und dem Umlauf um die Sonne (gleichwie am Axendrehungsapparat IV, 3 die Axe um die Scheitellinie langsam sich dreht, während die Axendrehung des Körpers viel schneller in der entgegengesetzten Richtung erfolgt). Da nun der Aequator stets rechtwinklig zur Erdaxe bleiben muß, so verschiebt sich derselbe zugleich entlang der Ekliptik in der Art, daß die Durchschnittspunkte beider (die Nachtgleichenpunkte) von Osten nach Westen fortrücken, in einem Jahr um 50 Sekunden (weil 360 Grad in ungefähr 25000 Jahren). — Faßt man den einen dieser Punkte, den Frühlingspunkt (weil unser Frühling beginnt, wenn die Sonne über ihm steht), besonders ins Auge, so rückt also derselbe in einem Jahr der Erde um jene 50 Sekunden entgegen, mithin tritt die Wiederkehr des Frühlings ein, bevor die Erde einen vollen Umlauf um die Sonne vollendet hat, und zwar früher um die Zeit, welche die Erde braucht, um jenes Bögchen ihrer Bahn zurückzulegen, d. h. um den 72. Theil eines Tags oder 20 Minuten (weil sie durchschnittlich und rund zu 1 Grad gerade 1 Tag braucht). Um soviel verfrüht sich also von einem Jahre zum anderen der Anfang der Jahreszeiten, insbesondere der Eintritt der Nachtgleichen, weßhalb die Erscheinung das Vorrücken der Nachtgleichen (Präcession schlechtweg) heißt. — Das bürgerliche Jahr muß natürlich dem Jahreszeitenjahr entsprechen; da aber dieses aus keiner vollen Anzahl von Tagen besteht (V, 2), so wird das bürgerliche Jahr durch zeitweise Tageinschaltungen mit dem Jahrszeitenjahr im Einklang erhalten. Die verschiedenen Kalender; Mondjahr und Sonnenjahr; im letzteren wieder die julianische und gregorianische Schaltregel. Auch die letztere (d. h. alle 4 Jahre Einschaltung eines Tags, welche alle 100 Jahre wieder unterbleibt) ist noch nicht vollkommen genau, was überhaupt kaum möglich ist, reicht aber für Myriaden von Jahren aus; das Jahrszeitenjahr dauert nämlich um 5 Stunden 48 Minuten 48 Sekunden u. s. w. länger als 365 Tage (Jahr und Tag scheinen maßfremde Größen zu sein), und der gregorianische Kalender nimmt rund 5 Stunden 48 Minuten (der julianische noch runder 6 Stunden) an.

5. Bei ihrem Umlauf um die Sonne behält die Erde nicht die gleiche Entfernung von der Sonne; ihre Bahn ist eine Ellipse in deren einem Brennpunkt die Sonne

steht (das erste der „drei Keplerschen Gesetze“, die für alle Planetenbahnen gelten). Uebrigens ist die Abweichung vom Kreis nicht beträchtlich.

Die Ellipse mit ihren Brennpunkten; die Apsidenlinie (oder Großaxe), die Excentricität. — Die Ungleichheit der Entfernungen von der Sonne nimmt man an dem ungleichen Betrag ihres scheinbaren Durchmessers oder des Sehwinkels, unter dem die Sonnenscheibe erscheint (I, 5), wahr. — Größte und kleinste Entfernung (Sonnenferne, Sonnennähe) an den Apsiden oder Endpunkten der Großaxe (den Wölbscheiteln), die mittlere (gemäß dem Grundgesetz der Ellipse) in den Endpunkten der Kleinaxe (den Plattscheiteln); die größte um 300000 Meilen größer, die kleinste um ebensoviel kleiner als die mittlere (die „Sonnenweite“ I, 4 von $20^1/_2$ Mill. Meilen); trotz dieses Betrags von ungefähr 300000 Meilen ist diese Excentricität der Erdbahn nur ein kleiner Theil der mittleren Entfernung oder Bahnweite. — Die Apsidenlinie liegt gegenwärtig so, daß die Sonnennähe zu Anfang Januars, die Sonnenferne zu Anfang Julis stattfindet; am 1. Januar befindet sich also die Erde der Sonne um 600000 Meilen näher als am 1. Juli, während am 1. April und 1. Oktober die mittlere Entfernung stattfindet.

6. Der Umlauf der Erde um die Sonne ist eine ungleichförmige Bewegung; ihre Geschwindigkeit ist um so größer, je kleiner die Entfernung von der Sonne. Dabei findet die Ausgleichung statt (das zweite Keplersche Gesetz), daß die in gleichen Zeiten beschriebenen Flächenräume gleich sind (d. h. die dreieckigen Flächenräume, eingeschlossen von den in gleichen Zeiten durchlaufenen Bögen und von den Abständen der Endpunkte dieser Bögen von der Sonne).

Die Ungleichförmigkeit der jährlichen Bewegung, sowie ihr Zusammenhang mit den Entfernungen von der Sonne, zeigt sich an der ungleichen Dauer der Jahreszeiten (unser Sommer, wo die Erde in der Sonnenferne (V, 5), dauert länger als unser Winter, wo die Erde sich in der Sonnennähe befindet), sowie an dem Unterschied der wahren und mittleren Sonnenzeit (III, 4, vgl. V, 7). — Größte, kleinste, mittlere Geschwindigkeit; jene beiden treffen genau beziehungsweise mit der kleinsten und größten Entfernung zusammen, diese nur nahezu mit der

mittleren Entfernung. — Betrachtet man nun jene dreieckigen Flächenräume (elliptische Sektoren) für gleiche Zeiten, so sind sie um so breiter, je kürzer sie sind, weil die Bögen um so größer sind, je kleiner die Abstände; daraus erhellt die Möglichkeit jener Ausgleichung, welche das zweite Keplersche Gesetz, oder das Flächengesetz, den Beobachtungen gemäß behauptet.

7. Der Unterschied zwischen der mittleren Zeit und der wahren Sonnenzeit (III, 4, die sogenannte „Zeitgleichung") rührt theils von der ungleichförmigen Bewegung der Erde, theils von der Schiefe der Ekliptik her, übrigens beläuft er sich höchstens auf etwas über 16 Minuten.

Jener Unterschied zeigt sich an der ungleichen Dauer der Vormittage und Nachmittage, welche Ungleichheit bis auf 33 Minuten (d. h. das Doppelte von der Zeit zwischen dem Mittag unserer Uhren und der wirklichen Kulmination der Sonne, dem mittleren und wahren Mittag) gehen kann, und am auffallendsten im November (zu Gunsten des Vormittags) und im Februar (zu Gunsten des Nachmittags) sich zeigt. — Die wahren Sonnentage dauern ungleich lang, einmal wegen der verschiedenen Geschwindigkeit der Erde; je schneller sich diese bewegt, je größer also der Weg von einem Tag zum anderen, desto mehr wird die Wiederkehr der Sonnenkulmination verzögert, was aus derselben Betrachtung erhellt, aus welcher sich (III, 4) ergeben hat, daß der Sonnentag überhaupt länger dauert als der Sterntag. Aber auch die Schiefe, d. h. der Umstand, daß die Erde in anderer Richtung sich fortbewegt, als in der der Axendrehung, oder daß ihr Weg mit dem Meridian nicht immer einen rechten Winkel bildet, hat Einfluß auf die Wiederkehr der Sonnenkulmination; je mehr beide Bewegungen divergiren desto mehr wird dieselbe verzögert (also zur Zeit der Nachtgleichen am meisten, während zur Zeit der Sonnenwenden es so gut ist, als ob die Erde im Aequator selbst fortrückte). — Die mittlere Zeit entsteht nun dadurch, daß man die hiernach ungleich langen 365 wahren Sonnentage in ebensoviele gleiche Zeiträume theilt; sie ist der wahren Sonnenzeit bald voran, bald gegen sie zurück, im ersten Fall kulminirt die Sonne nach 12 Uhr, daher dauert unser Nachmittag länger als der wahre Nachmittag, und folglich ums Doppelte länger als unser Vormittag; umgekehrt im entgegengesetzten Fall. — Vier-

maliges Zusammentreffen der wahren und mittleren Zeit im Jahr, einerseits um die Mitte Aprils und zu Anfang Septembers, also bald nach und kurz vor den Zeitpunkten, wo die Erde mit der mittleren Geschwindigkeit sich bewegt (V, 6, und daß das Zusammentreffen nicht genau stattfindet, hat seinen Grund darin, daß gerade um diese Zeiten die Schiefe der Ekliptik den bedeutendsten Einfluß hat); andrerseits um die Mitte Julis und gegen Ende Decembers, also bald nach der kleinsten und kurz vor der größten Geschwindigkeit der Erde (weil dem Flächengesetz gemäß die Apsiden das Jahr in zwei gleiche Hälften theilen, oder weil an denselben die wahre und die „mittlere Sonne" zusammentreffen müssen). — Tabellen für die Zeitgleichung auf alle Tage des Jahrs, wornach die Uhren geregelt werden, indem man die wahre Sonnenzeit durch Beobachtung der Sonne (Sonnenuhr) findet, und daraus die mittlere durch die ein für allemal berechnete Tafel herleitet.

8. Die Umlaufszeiten der Planeten hängen dergestalt mit den mittleren Entfernungen von der Sonne oder mit den „Bahnweiten" zusammen, daß die Quadratzahlen von jenen sich verhalten wie die Kubikzahlen von diesen (das dritte Keplersche Gesetz).

Dieses Gesetz setzt überhaupt die verschiedenen Bahnen um einen und denselben Centralkörper in Beziehung zu einander (Systemgesetz); auch folgt daraus für einen und denselben Planeten, daß die Umlaufszeit ihre Dauer behält, so lange die Bahnweite sich nicht ändert, und umgekehrt. — Wie die Geschwindigkeiten des einzelnen Planeten um so größer sind, je kleiner seine jeweiligen Entfernungen von der Sonne, so bewegt sich auch der nähere Planet durchschnittlich schneller als der entferntere, oder jener hat eine größere mittlere Geschwindigkeit. Deßhalb ist die Umlaufszeit des entfernteren Planeten nicht nur in dem Verhältniß größer, in welchem seine Bahn größer ist, sondern in stärkerem Verhältniß, mit anderen Worten: deßhalb können die Umlaufszeiten sich nicht einfach wie die mittleren Entfernungen verhalten, vielmehr findet das obige Verhältniß statt. — Ein bestimmtes Gesetz, wornach die Entfernungen der Planeten zunähmen, gibt es nicht; im Allgemeinen aber kann man sagen, daß jeder folgende Planet gegen noch einmal so weit entfernt ist, als der vorhergehende (die Bodesche Progression, vgl. V, 11).

9. Der Umlauf der Erde um die Sonne ist eine dauerhafte Bewegung; die Bahnweite und damit das Sternjahr (V, 8) bleibt sich stets gleich; die Excentricität und die Ekliptikschiefe ist nur kleinen und äußerst langsam vor sich gehenden Schwankungen um einen mittleren Werth unterworfen; die Lage der Apsiden endlich durchläuft zwar die ganze Bahn, aber in einem ausnehmend langen Zeitraum.

Die angegebenen Gegenstände begreift man unter dem Namen „Elemente der Erdbahn"; die Dauerhaftigkeit des Jahreslaufs beruht darauf, daß dieselben theils gar nicht, theils wenig, und jedenfalls sehr langsam sich ändern; die Ursachen der gedachten Aenderungen (VI, 6). – Nun ist nachgewiesen, daß das Sternjahr und die Sonnenweite (das wichtigste Element) trotz aller äußeren Einwirkungen, keine merklichen, noch gar weitgreifende Veränderungen erleiden kann; auch hat sich dieß an der Dauer des Sternjahrs, soweit die Erfahrung zurückreicht, bestätigt. – Die Schiefe der Ekliptik kann zunehmen und abnehmen (wovon die Folgen nach V, 3 zu beurtheilen), aber nicht über 28 und nicht unter 21 Grad, so daß sie um 24½ Grad als Mittel herumschwankt. Gegenwärtig findet erfahrungsmäßig ein Zeitraum der Abnahme statt, und zwar seit den ältesten geschichtlichen Denkmalen, aber so langsam, daß auf ein ganzes Jahrhundert kaum 48 Sekunden kommen. – Noch unbedeutender fast sind die Schwankungen der Excentricität; der gegenwärtig 600000 Meilen betragende Ueberschuß der größten über die kleinste Entfernung kann bis auf 150000 Meilen abnehmen und bis zu 750000 Meilen zunehmen, und der Zeitraum, in welchem eine solche Schwankung vor sich geht, befaßt, wie bei der Schiefe, Myriaden von Jahren. – Die Apsidenlinie verändert ihre Lage fortwährend so, daß die Sonnennähe und Sonnenferne nach je 60 Jahren um 1 Tag später eintritt, so daß also nach etwa 10½ Jahrtausenden diese Zeitpunkte sich gerade vertauschen.

10. Der Umlauf der Erde um die Sonne geht gerade so vor sich, als ob sie durch eine Kraft, deren Stärke dem Quadrat der jeweiligen Entfernung umgekehrt proportionirt ist, stets zur Sonne hingezogen würde, nachdem sie irgend einmal einen Seitenanstoß (d. h. einen Anstoß in anderer Richtung als zur Sonne hin) erhalten hat. Jene anzie-

hende Kraft ist wirklich vorhanden (VI, 2), dieser Seitenanstoß aber hängt mit der Entstehung der Erde (sammt dem ganzen Sonnensystem) zusammen.

Dieses (Newtonsche) Gesetz der Centralbewegung folgt aus den Keplerschen Gesetzen, und diese aus jenem; insbesondere folgt aus dem Flächengesetz, daß die Kraft, welche die Erde in ihrem Umlauf erhält, stets zur Sonne hin gerichtet, eine Centralkraft, ist, und aus dem Ellipsengesetz, daß ihre Beschleunigung dem Entfernungsquadrat umgekehrt proportionirt ist. — Diese Bewegung ist also der eines geworfenen Körpers ähnlich, welche auch wirklich bei gehöriger Weite des Wurfs in einen (elliptischen) Umlauf übergehen würde (II, 5). Wie bei jeder krummlinigen Bewegung so sind bei der Centralbewegung der Erde zwei Kräfte im Spiel, die Centralkraft, wodurch sie stets von der geraden Linie abgezogen wird, und die von dem ersten Anstoß herrührende „Seitengeschwindigkeit" (die Tangentialkraft, übrigens nicht mit der Schwungkraft zu verwechseln IV, 1), vermöge deren sie stets in gerader Linie (in der jeweiligen Tangente ihrer Bahn) fortzugehen strebt. Und wenn die elliptische Bewegung in abwechselndem Annähern und Entfernen vom Mittelpunkt der Kraft besteht, so rührt dieß eben von dem abwechselnden Ueberwiegen der einen und der anderen jener Kräfte her. — Nähere Beleuchtung dieses Spiels, besonders dem Einwurf gegenüber, warum die Erde gerade im Perihel, wo doch die Centralkraft am stärksten, sich wieder zu entfernen beginne, desgleichen im Aphel, wo die Centralkraft am schwächsten, wieder zur Annäherung umlenke, nebst Andeutung der ebenfalls möglichen parabolischen und hyperbolischen Bewegung, bei der keine Wiederkehr, sondern nur ein einmaliger Umschwung (Vorbeischwung) stattfindet. — Bei der Vergleichung mit der Wurfbewegung ist nun keineswegs gemeint, daß wirklich eine Art Wurf oder irgend ein äußerer Seitenanstoß auf die fertige Erde die Ursache der Tangentialkraft sei; vielmehr ist diese Ursache (wie diejenige der Axendrehung III, 9) in der Entstehung der Erde zu suchen, und zwar im Zusammenhang mit dem ganzen Sonnensystem (ohne Zweifel eine schon vor Bildung der einzelnen Körper vorhandene Axendrehung der gesammten, nunmehr an diese Körper vertheilten Materie des Sonnensystems, vgl. XVIII, 1).

11. Die sämmtlichen Planeten (welche, sowie auch die Kometen und die Nebenplaneten oder Planetenmonde, bei ihren Umläufen dieselben Gesetze, wie die Erde, befolgen), zumal die größeren unter ihnen, zeigen eine bedeutsame Uebereinstimmung in Gestalt und Lage ihrer Bahnen, wovon die Kometen das Gegenstück darbieten; sie besteht nämlich in geringer Abweichung der Bahnellipsen vom Kreis und geringer Abweichung der Bahnebenen vom Sonnenäquator (bei gemeinschaftlicher weströstlicher Richtung, vgl. V, 1).

Die Bahnen der größeren Planeten weichen nur um wenige Grade von der Hauptebene des Systems, dem Sonnenäquator, und daher auch von einander ab, und sind eben deßwegen in einer nicht sehr breiten Zone des Himmels begriffen (Thierkreiszone V, 2); auch mit Einschluß der kleinen entfernt sich keiner über ungefähr 27 Grad von jener Ebene. — Die Excentricitäten sind bei allen größeren Planeten nur kleine Bruchtheile von den Bahnweiten oder mittleren Entfernungen; auch mit Einschluß der kleineren übersteigt keine den vierten Theil der Bahnweite; das größte Maß von Excentricität ist daher noch beträchtlich kleiner (etwa halb so groß) als der Abstand zweier Nachbarbahnen (V, 8) oder zweier Planetenregionen (wobei nämlich die Gruppe der Kleinplaneten, deren Bahnen sich durchkreuzen, Eine Region bilden). — Dieß ist im Grunde der eigentliche Sinn der daselbst angeführten Wahrnehmung über die Abstände der Planeten von der Sonne in ihrer Aufeinanderfolge, wornach sie eben in wohlgetrennte Regionen gesondert sind. Einfache Verhältnisse gibt es so wenig zwischen den verschiedenen Bahnweiten, als zwischen den Umlaufszeiten, vielmehr scheinen die letzteren eher maßfremde Zeiträume zu sein (wie auch Jahr, Tag und Monat, vgl. V, 4). — Die Kometen dagegen bewegen sich rechtläufig und rückläufig, ihre Bahnen weichen um alle möglichen Winkel von der Mittelebene ab, und ihre Ellipsen haben solche Excentricitäten, daß jede mehr als eine Planetenbahn durchkreuzt, manche sogar alle von den innersten bis zu den äußersten Räumen des Sonnensystems; sie nähern sich daher häufig vielmehr parabolischen Bahnen, als Kreisbahnen, doch hat sich eine wirkliche hyperbolische Bahn (V, 10) mit Entschiedenheit in der Erfahrung nicht gezeigt, während andererseits die Erfahrung auch noch wenige periodische Kome-

ten kennt, d. h. solche, deren Wiederkehr nicht nur berechnet, sondern auch wirklich beobachtet worden ist. — Ihre Bewegung aber befolgt dieselben Grundgesetze wie die der Planeten und Trabanten, d. h. die Keplerschen, oder das der Centralbewegung (V, 10).

VI. Die kosmische Schwere.

1. Die Centralkraft (V, 10) der Erde, welche den Mond in seinem Umlauf erhält, ist keine andere als die irdische Schwere (welche den Fall an der Erdoberfläche verursacht u. s. w.).

Der Raum, um welchen der Mond in einer bestimmten Zeit wirklich von der Tangente der Erde zu abgelenkt wird, findet sich stets demjenigen gleich, um welchen er dem Fallgesetz gemäß der Erde sich nähern müßte (der Fallraum in der 60mal größeren Entfernung, also bei einer 3600mal kleineren Beschleunigung (II, 2) ist für die 60mal größere Zeit wieder 3600mal größer, also für 1 Minute so groß als für 1 Sekunde an der Erdoberfläche). — Darin besteht die große Entdeckung Newtons, durch welche die bei einer Weltkörperbewegung thätige Centralkraft auf die unter dem Namen Schwere bekannte Kraft zurückgeführt wird; sie war aber erst zu machen, nachdem die Keplerschen Gesetze auf das Newton'sche Gesetz der Centralbewegung (V, 10) zurückgeführt waren, vorher begriff man nie, wie eine Centralkraft einen Umlauf erhalten könne.

2. Die bei dem Planetenlauf wirksame, nach der Sonne hin gerichtete Centralkraft (V, 10) ist die der Sonne eigenthümliche Schwerkraft.

Jeder Weltkörper ist Sitz einer Kraft, welche seine Masse zusammenhält und der irdischen Schwere entspricht (I, 6). Da nun die Bewegung der Planeten um die Sonne zu derselben Art von Centralbewegung gehört, mit denselben Gesetzen wie der Umlauf des Monds um die Erde, und da letztere durch die der Erde eigenthümliche Schwerkraft erhalten wird, so wird ohne Zweifel der Umlauf der Planeten um die Sonne durch die der Sonne eigenthümliche Schwerkraft erhalten. — Gleicherweise wird man bei jeder nach den Keplerschen Gesetzen vor sich gehenden Umlaufbewegung eines Weltkörpers um einen anderen schließen, z. B. bei den Trabanten anderer Planeten.

3. Die Schwerkräfte verschiedener Weltkörper verhalten sich einerseits wie die anziehenden Massen, andererseits umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen der angezogenen Körper. Dadurch lassen sich die Massenverhältnisse solcher Weltkörper ermitteln; insbesondere ist die Erdmasse ungefähr der 355000ste Theil der Sonnenmasse, besitzt aber eine 4mal größere mittlere Dichte.

Die Schwere ist Massenanziehung, d. h. Anziehung von Masse auf Masse ohne Unterschied des Stoffs, daher ist die Schwerkraft eines Weltkörpers durch seine Masse bedingt, und zwar, da die Schwere atomweise wirkt, das Gesammtergebniß der Anziehungen aller seiner Atome; daß dieses aber der Masse (Menge seiner Atome) geradezu proportinirt ist, hat seinen Grund in der kugelförmigen Gestalt der Weltkörper, vermöge deren es so ist, wie wenn ihre Masse im Schwerpunkt (Mittelpunkt) vereinigt wäre (II, 1); über das umgekehrte Quadrat der Entfernung (II, 2 und V, 10). — Man kann daher auf Massenverhältnisse schließen durch Vergleichung der Schwerkräfte, und deren Stärke ist nach den Bewegungen anzuschlagen, die sie bewirken (gemäß den Sätzen der Mechanik vgl. II, 10). — Vergleicht man z. B. den Umlauf des Monds um die Erde in 27 Tagen 7 Stunden mit demjenigen der Erde um die Sonne in $365^1/_4$ Tagen, aber bei 400mal größerer Entfernung: so folgt zunächst aus Keplers drittem Gesetz (V, 8), daß ein Körper, welcher von der Sonnenmitte nicht weiter abstünde als der Mond von der Erde, seinen Umlauf in $^1/_{22}$ Tag oder $^{12}/_{11}$ Stunden vollenden würde; alsdann verhalten sich die beschleunigenden Kräfte zweier Umläufe bei einerlei (mittlerem) Abstand umgekehrt wie die Quadratzahlen der Umlaufszeiten (ein dem Pendelgesetz II, 9 ähnlicher Satz, den die Mechanik beweist). Da sich nun die Massen wie diese Kräfte verhalten, so verhält sich die Erdmasse zur Sounenmasse wie $(^{12}/_{11})^2$ zu 655^2 (27 Tage 7 Stunden = 655 Stunden), oder ist der 360000ste Theil von derselben (was in Folge der minder genauen Zahlen etwas zu viel ist). — Hieraus folgt weiter, daß die Sonne eine geringere durchschnittliche Dichte besitzt als die Erde, da sie mit der nur 355000mal größeren Masse einen 1330000mal größeren Raum einnimmt, sovielmal geringer nämlich als 355000 in 1330000 enthalten ist, d. h. nahezu 4mal. — Ueberhaupt kann man aus den Einwirkungen der Weltkörper auf einander auf ihre Massen- und Dich-

tigkeitsverhältnisse schließen; für den Mond z. B. ergibt sich aus den Einwirkungen seiner Schwerkraft auf die Erde (wovon nachher die Rede sein wird), daß seine Masse der 88ste Theil von der Erdmasse ist, und daher seine mittlere Dichte, weil die 88mal größere Erdmasse nur fast 50mal soviel Raum einnimmt als der Mond, 2mal kleiner, also wenig beträchtlicher als die der Erdrinde ist. — Die Sonne aber übertrifft alle Planeten zusammen an Masse ungefähr 750mal, und auch den massigsten, Jupiter, noch beträchtlich über 1000mal.

4. Die kosmische (oder allgemeine) Schwere besteht nun darin, daß jeder Weltkörper jeden anderen nach dem Gesetz (VI, 3) anzieht, blos weil beide Massen sind; dieß gäbe ein unerforschliches Gewirr von Bewegungen, die dann auch schwerlich Bestand haben könnten, wenn nicht überwiegende Hauptwirkungen vorhanden wären, gegen welche die übrigen nur als unbeträchtliche Störungen sich verhalten.

Wegen dieser Allseitigkeit und Gegenseitigkeit der Gravitation oder Massenanziehung (vgl. II, 10) wirkt also z. B. die Erde auch auf die Sonne und wird nicht nur von dieser, sondern auch von allen anderen Planeten und vom Mond, sowie von den Fixsternen angezogen. — Daraus folgt aber vor Allem, daß der Umlauf der Erde um die Sonne nicht so erfolgen kann, wie die alleinige Anziehung der Sonne in Verbindung mit jenem Seitenanstoß (V, 10) sie bestimmen würde, d. h. nicht genau nach den Kepler'schen Gesetzen, was auch die genaueren Sonnenbeobachtungen hinreichend darthun. Daß aber gleichwohl die jährliche Bewegung wenigstens nahezu nach diesen Gesetzen vor sich geht, wie sie ja in der That das Ergebniß von Beobachtungen sind: das hat seinen Grund darin, daß die Wirkung der Sonne alle anderen maßgebend überwiegt, und dieß rührt wieder daher, daß einerseits die Fixsterne zu weit entfernt sind, um trotz ihrer sonnenhaften Größe (I, 5) merkliche Einwirkungen auf irgend einen einzelnen Körper des Sonnensystems zu haben, die Körper des Systems aber gegenüber der Sonne zu klein (VI, 3), um trotz ihrer Nähe mehr als kleine Nebenbewegungen einander beizubringen, die sogenannten Störungen. — Den glänzendsten Beleg für die Allgemeinheit der Gravitation im Sonnensystem, die in den „Planetenstörungen“ sich zeigt, gewährt die Entdeckung des Planeten Neptun; dieser hatte sich nicht nur durch die Stö-

rungen, welche er bei seinem Nachbar Uranus verursacht, verrathen, sondern man wußte aus denselben sogar seine Bahn und seine jetzige Stellung im Raum so genau zu berechnen, daß man darnach auf den zuvor nie gesehenen das Fernrohr richten konnte. — Nach den verschiedenen Massen- und Entfernungsverhältnissen ergeben sich auch verschiedene Gravitationsverhältnisse, wovon die folgenden Sätze Auskunft geben, soweit sie bekannt sind (denn viele sind noch unbekannt).

5. Die Massenvertheilung im Sonnensystem ist auf die Alleinherrschaft der Sonne angelegt, und darauf hauptsächlich beruht es, daß trotz der unvermeidlichen Störungen die Bewegungen der Planeten (insbesondere der Erde V, 9) dauerhaft sind.

Die Hauptbedingungen für diese Dauerhaftigkeit sind also einerseits die Ueberwucht der Sonnenmasse (VI, 3), alsdann die Vertheilung der Planetenmassen in wohlgesonderte Regionen (V, 11), wobei auch noch der Umstand in Betrachtung kommt, daß die größten nach außen stehen, also in weiteren Abständen von einander als die kleinen. Deßhalb kann kein Planet seinem Nachbar auch nur vorübergehend (z. B. bei Sonnenferne des näheren und Sonnennähe des entfernteren) so nahe kommen, daß ihre Anziehungen mit derjenigen der Sonne es aufnehmen könnten, welche vielmehr immer noch über 30mal stärker bleibt. — Es versteht sich, daß es sich hier um zwei Planeten in eigenen Regionen handelt; die Kleinplaneten unter einander können an einander in beträchtlicher Nähe vorbeikommen und sich daher besondere Störungen beibringen; ihre Gruppe bietet ein eigenthümliches Gravitationsverhältniß (VI, 4) dar, was aber ohne allen Einfluß auf die Nachbarregionen und damit aufs Ganze ist. — Zu jener Hauptbedingung kommen noch andere Umstände, welche wesentlich dazu beitragen, weitgreifende Veränderungen der Planetenbahnen zu verhindern, nämlich (vgl. V, 11) einmal die gemeinsame westöstliche Richtung aller Bewegungen entlang dem Sonnenäquator oder mit geringer Abweichung der Bahnebenen von der Hauptebene des Systems (deßwegen eben muß z. B. die Ekliptikschiefe zwischen den V, 9 angegebenen Gränzen sich erhalten); alsdann die wenig einfachen Verhältnisse (Maßfremdheit) der Umlaufszeiten. Bei einfachen Verhältnissen zweier Umlaufszeiten kämen nämlich die beiden Körper stets nach einem bestimmten Zeitraum wieder in dieselbe Stellung, und die daraus

entspringende Störung würde daher immer in demselbem Sinn wirken, so daß sie, wenn auch an sich sehr klein, im Verlauf der Zeit doch zu einer Umgestaltung der Bahnen führen könnte (namentlich trägt dieser Umstand zur Unveränderlichkeit der Bahnweiten sowie zur Erhaltung der Excentricitäten zwischen gewissen engen Gränzen V, 9 wesentlich bei). — Entgegengesetzte Gravitationsverhältnisse bei den Kometen; sie können bei ihren Kreuzbahnen (V, 11) so nahe an einem Planeten vorbeikommen, daß ihre Bahnen selbst bis zu den Umlaufszeiten gänzlich umgestaltet werden, ohne daß jedoch dieser Einfluß gegenseitig wäre wegen ihrer gänzlich unbedeutenden Massen (es sind lockere Anhäufungen ganz eigenthümlichen Stoffs, Meteore des Sonnensystems, vgl. IX, 18).

6. Die Störungen, welche die Erde in ihrem Umlauf um die Sonne erleidet, rühren nur vom Mond und von den theils größeren theils näheren Planeten her; die wichtigsten darunter sind diejenigen, welche als allmälige Veränderungen der Elemente der Erdbahn erscheinen (V, 9).

Es sind dieß die Veränderungen in Schiefe der Ekliptik, Excentricität und Apsidenlage, die auch wegen ihrer Langsamkeit sekuläre Störungen heißen, obwohl im Grund alle periodisch sind; die übrigen in viel kleineren Zeiträumen sich ausgleichenden Störungen (die periodischen im engeren Sinn) haben nur für den Astronomen Wichtigkeit, um die Sonnenörter möglichst genau vorauszuberechnen. — Die Planeten, welche bei diesen Störungen mitwirken, sind die Nachbarplaneten Venus und Mars (Merkur nur sehr wenig), und die entfernteren großen Planeten Jupiter und Saturn (Uranus kaum noch). — Wenn man so von Veränderungen der Bahnelemente spricht, so ist das natürlich so zu verstehen, daß es eigentlich Bewegungen des Erdkörpers sind, welche demselben von jenen störenden Körpern beigebracht werden; die Erde wird z. B. durch die Anziehung der Planeten, neben vorübergehenden Hebungen aus der dermaligen Ekliptikebene, auch sehr langsam in immer einerlei Sinn aus derselben entfernt, und dieß erscheint als jene allmälige Veränderung der Schiefe. Sie hat also neben ihren zwei Hauptbewegungen, vermöge deren sie um die Sonne „rollt" (kollert III, 1), noch eine große Menge kleiner Nebenbewegungen.

7. In ihrer Axendrehung wird die Erde blos durch Sonne und Mond gestört; diese Störung besteht vornehmlich in der sogenannten Präcession (III, 7 und V, 4).

Dazu kommt noch eine vorübergehende Störung, die sogenannte Nutation oder die Schwankung der Erdaxe innerhalb 19 Jahren, in welcher Zeit der Mond an dieselbe Stelle der Ekliptik zurückkehrt (VI, 10). — Nur der Mond wegen seiner Nähe und die Sonne wegen ihrer Größe sind bei der Präcession betheiligt. Da nämlich die Erde wegen ihrer sphäroidischen Gestalt und wegen der Schiefe der Ekliptik von dieser Ebene in unsymmetrische Theile getheilt wird, so strebt die Anziehung jener in der Ekliptik oder in ihrer Nähe (der Mond weicht nämlich alle Monate nur 5 Grad nach beiden Seiten von ihr ab) sich aufhaltenden Körper die Lage des Erdkörpers und damit die der Erdaxe gegen die Ekliptik zu ändern (wie das Uebergewicht am Bohnenbergerschen Apparat die Axe herabzieht IV, 3), und dieß hat die (V, 4) ausführlich geschilderte Drehung der Erdaxe um die Axe der Ekliptik zur Folge.

8. Die Anziehung von Sonne und Mond bringt dem Meer kleine periodische Bewegungen an seiner Oberfläche bei, der irdischen Schwere zuwider, worin die Fluth und Ebbe besteht (die Meeresgezeiten).

Diese bekannte Erscheinung der Gezeiten des Meeres stellt sich zunächst in einem abwechselnden Steigen und Fallen des Meeresspiegels an den Küsten dar, wodurch der „Strand“ abwechselnd überschwemmt und trocken gelegt wird, und wobei zweimal innerhalb 25 Stunden höchster Stand (Fluth) und niedrigster Stand (Ebbe) eintritt. — Daß nun vorzugsweise der Mond dabei im Spiel ist, ergibt sich daraus, daß an jedem Ort die Fluthen immer eine bestimmte Zeit nach dem Durchgang des Mondes durch den oberen sowohl (Hauptfluth), als auch durch den unteren Meridian (Gegenfluth) stattfinden, und daher von einem Tag zum anderen sich verspäten wie der Mond. Weil nämlich der Mond in seiner Bahn um die Erde von Westen nach Osten fortrückt, so muß sich ein Erdmeridian noch ein ziemliches über einen Sonnentag hinausdrehen, damit der Mond wieder in ihm stehe (vgl. III, 4). — Daß aber auch die Sonne mitwirkt, zeigt sich in dem Umstand, daß bei denjenigen Stellungen beider Himmelskörper, welche die Erscheinung des Neumonds und Vollmonds bewirken (V, 1), die Fluthen am stärksten, bei den entgegengesetz-

ten Mondphasen aber (den Vierteln) am schwächsten sind. Jeder von beiden Körpern bewirkt also seine eigene Fluth, und die Mondfluth ist die größere ausschlaggebende; sie verstärken sich um so mehr, je mehr eine Sonnenfluth mit einer Mondfluth auf einen Zeitpunkt zusammentrifft; sie schwächen sich dagegen um so mehr ab, je näher eine Sonnenebbe mit einer Mondfluth zusammenfällt. — Es ist nicht die volle Anziehung dieser Weltkörper, welche die Wassertheilchen des Meeres der Erdschwere zuwider bewegt (denn hierin ist die Sonne bei weitem stärker als der Mond), sondern nur der Unterschied der Anziehung auf die Oberfläche und Mitte der Erde, oder der Betrag, um welchen sie die ihnen nächstliegenden Punkte der Erdfläche stärker anziehen als die Erdmitte, sowie diese stärker als die entferntesten Theile der Erdfläche. Daher eben Fluth und Gegenfluth (Antipodenfluth) oder zweimalige Fluth beim oberen und unteren Meridianstand. — Nun zeigt die Mechanik, daß der gedachte Anziehungsunterschied nahezu der ebensovielte Theil von der Gesammtanziehung des Weltkörpers auf die Erdmitte ist, als der Erddurchmesser von der Entfernung des anziehenden Weltkörpers, also bei der Sonne der 12000ste, beim Mond der 30ste. Da nun nach (VI, 3) die Anziehung der Sonne auf die Erdmitte $\frac{355000.88}{400.400} = 195$ mal stärker ist als diejenige des Monds, so ist jener Anziehungsunterschied beim Mond $\frac{1}{30.195} = \frac{1}{5850}$, bei der Sonne aber $\frac{1}{12000}$ von der Gesammtanziehung der Sonne, mithin die Kraft des Monds bei der Fluthherregung mehr als doppelt so stark. — Wie gering diese Wirkung im Vergleich mit der Erdschwere ist, erhellt daraus, daß diese an der Erdfläche $\frac{24000.24000}{355000} = 1600$ mal stärker ist als die Gesammtanziehung der Sonne an derselben Stelle des Raums, mithin 12000.1600 oder fast 20 Millionen mal stärker als die Fluthkraft der Sonne, und 5850.1600 oder über 9 Millionen mal stärker als die Fluthkraft des Mondes. — Obgleich nun jedem Massetheilchen für sich nur eine sehr kleine Bewegung von dieser gegen die irdische Schwere so kleinen Kraft ertheilt wird, so bringt gleichwohl die stets erneuerte Gesammtwirkung auf alle Theilchen der großen Wassermasse eine bedeutende Erregung des Weltmeers hervor (vgl. XV, 5).

9. Ohne Zweifel ist vermöge derselben Ursache auch die Atmosphäre an ihrer Oberfläche in einer ähnlichen Fluth-Ebbe-Bewegung begriffen, allein dieselbe entzieht sich nicht nur der Beobachtung, sondern ist auch ohne merklichen Einfluß auf die unteren Luftregionen an der Erdfläche.

Man hat den Einfluß der in den obersten Luftschichten vor sich gehenden Fluthen auf den Luftdruck an der Erdfläche in Rechnung gezogen und gefunden, daß die größte Luftfluth selbst unter dem Aequator höchstens eine Aenderung von $1/_{50}$ Linie im Barometerstand hervorbringen könnte, also kaum beobachtbare Aenderungen, welche von den Einflüssen der Wärme, Winde u. a. weit überwogen werden. — Daß aber selbst eine mächtige Bewegung an den oberen Gränzen der Atmosphäre für die Erdbewohner unmerklich sein soll, darf nicht befremden, wenn man bedenkt, daß in unbedeutender Tiefe unter dem Meeresspiegel (etwa 70 Fuß) von den gewaltigsten Meereswogen bei einem Sturm nichts bemerkt wird, wie Taucher versichern. — Die täglichen Aenderungen im Barometerstande, welche da, wo sie am stärksten sind, unter dem Aequator, 2 bis 3 Zehntel einer Linie betragen und unpassender Weise manchmal atmosphärische Fluthe-Ebbe genannt werden, rühren nicht von dieser her, sondern von dem wärmenden Einfluß der Sonne.

10. In dem Sonnensystem, insbesondere in der Erdregion, befindet sich eine große Menge kleiner Körper (Asteroiden), welche in mächtigen Schwärmen die Sonne planetenartig umkreisen und zeitweise in großer Menge bei ihrer Begegnung mit der Erde auf dieselbe niederfallen (Sternschnuppen, Feuerkugeln, Meteorsteine).

Feuerkugeln sind nur größere Sternschnuppen, Meteorsteine (wovon meist Eisen Hauptbestandtheil) die massigen Rückstände des Zerstörungsprocesses, dem die Asteroiden unterliegen, wenn sie mit der Erde und zwar zunächst mit der Atmosphäre zusammengerathen, wobei sie sich erhitzen, bei Nacht leuchtend werden und steinartige Massen fallen lassen. — Sie können keine irdischen Meteore sein, denn wenn es einerseits in höchstem Grad unwahrscheinlich ist, daß durch irgend einen atmosphärischen Proceß solche zum Theil sehr beträchtliche Massen aus atomartiger Auflösung in der Luft plötzlich sich zusammenballen

sollten, so wird auf der anderen Seite ihre kosmische Herkunft durch ihre planetenhaften Geschwindigkeiten ($4\frac{1}{2}$ bis 9 Meilen in 1 Sek.), sowie durch ihre periodischen Erscheinungen in ganzen Schwärmen mehr als wahrscheinlich gemacht (der November-, Augustschwarm, seit ein paar Jahrzehnten jährlich beobachtet, nur nicht jedesmal in derselben Menge und über einen gleich großen Erdraum). — Anstatt mehrere Schwärme anzunehmen, welche sich in derselben Zeit wie die Erde, aber rückläufig, in Bahnen um die Sonne bewegen, welche die Erdbahn in bestimmten Punkten schneiden, hat man auch schon an einen geschlossenen Ring gedacht, welcher um die Sonne sich umschwinge (nicht eben in 1 Jahr); gleichwie man bei der besonders in den Tropengegenden stark hervortretenden Erscheinung des Thierkreislichts an einen um die Sonne kreisenden Nebelring (Ring aus dunstartiger Materie, vielleicht nach Art des Kometenstoffs) zu denken pflegt. — Endlich liegt es nahe, auch andere Planetenregionen mit solchen Asteroiden (und Nebelringen) versehen anzunehmen, so daß die Räume des Sonnensystems zwischen den Hauptmassen (den Planeten mit ihren Mondsystemen), neben den ohne Zweifel sehr zahlreichen Kometen, die es in allen Richtungen durchziehen, noch eine Menge zerstreuter Materie von gar verschiedener Natur enthielten.

11. Die Nebenplaneten, insbesondere der (Erd-) Mond, erleiden in ihrem Umlauf um den Hauptplaneten beträchtliche Störungen von der Sonne, vermöge deren namentlich ihre Bahnelemente im Vergleich mit denen der Planeten ausnehmend rasch sich ändern.

Vorstellung von der epicycloidischen Bewegung der Trabanten überhaupt; die Bahn des Monds um die Erde legt sich gleichsam wellenförmig (nicht schleifenförmig, vermöge der bestehenden Geschwindigkeiten) um die Erdbahn. — Indem die Sonne Erde und Mond zusammen anzieht, führt sie eigentlich den Schwerpunkt beider, der aber noch in die Erde fällt, um sich herum; indem sie dabei den Mond bald schwächer bald stärker anzieht, als jenen Schwerpunkt (je nach der Entfernung), veranlaßt sie Unregelmäßigkeiten in der beziehungsweisen Bewegung des Monds um die Erde, welche wegen der Größe der Sonnenmasse ungleich beträchtlicher sind, als die planetaren Störungen, daher die hauptsächlichsten schon von den Alten wahrgenommen worden sind. — Insbesondere zeigt sich dieß an den ungleich rascheren

Veränderungen, denen die Elemente der Mondbahn unterworfen sind; so macht z. B. die Durchschnittslinie der Mondbahn mit der Erdbahn („Mondsknoten") schon vor Ablauf von 19 Jahren einen vollen Umlauf, so daß also nach solcher Zeit der Mond so ziemlich wieder an denselben Stellen, also auch an denselben Jahrestagen die Erdbahn durchschneidet; daher die periodische Rückkehr der Finsternisse, wornach in den frühesten Zeiten solche vorausgesagt wurden. – Besonders merkwürdig ist ferner die sogenannte sekuläre Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes, vermöge deren der Sternmonat allmälig kürzer wird (in 2000 Jahren um $^1/_2$ Sekunde) und zugleich die Bahnweite kleiner; dieser Umstand kommt nämlich bei den Planetenbahnen gar nicht vor (V, 9), übrigens geht die Annäherung des Monds nicht ohne Ende fort oder vielmehr nicht bis zum Endziel (Zusammensturz mit der Erde), sondern nach ungeheuerem Zeitraum (demselben, innerhalb dessen die Excentricität der Erdbahn ihre Schwankung macht) beginnt er sich wieder zu entfernen. – Ueberhaupt bilden Sonne, Planet und Satellit wieder ein besonderes Gravitationsverhältniß (VI, 4), verschieden von dem der Planeten und der Sonne (oder dem mehrerer Monde und ihres Hauptplaneten).

12. Daß auch die verschiedenen Fixsterne durch ihre Schwerkräfte einander Bewegungen beibringen, kann keinem Zweifel unterliegen; erfahrungsmäßig kennt man indeß noch keinen größeren Gravitationsverband unter denselben (d. h. einen, welcher viele und entfernte Sterne befaßte), wohl aber kleinere in den sogenannten Doppelsternen, deren gegenseitige Bewegung in der That nach dem Gesetz der Centralbewegung vor sich geht.

In Folge der allgemeinen Gravitation (VI, 4) kann wohl kein Weltkörper in wirklicher Ruhe sich befinden, allein die eigenen Bewegungen der Fixsterne sind noch wenig bekannt wegen ihrer Entfernung (I, 4), jedenfalls viel zu wenig bekannt, um daraus auf ihre besonderen Ursachen, auf ihre Gravitationsverbände zu schließen, außer bei solchen, die sich so nahe stehen, daß sie dem blosen Auge als ein einziger Stern erscheinen, die Doppelsterne (und mehrfachen Sterne), bei welchen die Veränderung ihrer Stellung zu einander eine Folge ihrer Anziehung sein muß. – Man kennt eine sehr große Menge solcher physischer

Doppelsterne; selten sind sie gleich hell, häufiger stellt sich der eine als Nebenstern, Begleiter, heraus, als daß ihr Helligkeitsgrad sich näher stände (oft ist aber auch die Doppelsternerscheinung nur optisch, d. h. die Sterne sind in Wahrheit sehr weit von einander entfernt, und es bilden nur ihre Gesichtslinien einen kleinen Winkel; dann zeigen sie keinen Gravitationsverband). — Die physischen Doppelsterne stellen wieder ein eigenes Gravitationsverhätniß dar: zwei Sonnen, welche in Folge ihrer gegenseitigen Massenanziehung um einander sich bewegen, d. h. um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt elliptische Bahnen beschreiben. Dieß ist zwar eigentlich das allgemeine Gesetz für die Gravitation zweier Körper, z. B. auch für Sonne und Planet (vergl. VI, 11); allein wenn, wie hier, der eine Körper sehr klein ist in Vergleich mit dem anderen, so daß der Schwerpunkt noch innerhalb der Hauptmasse liegt, so verschwindet die Bewegung des Hauptkörpers gegen die des anderen, und es ergibt sich ein bloses Trabantenverhältniß. Einem solchen mag sich manchmal auch das Verhältniß zweier Doppelsterne, bei bedeutendem Ueberwiegen des einen, mehr oder weniger nähern; jedenfalls kommt aber auch der andere Fall vor (wenn auch nicht der von völliger Massengleichheit). — Bei einigen Doppelsternen kennt man durch Anwendung der Kepler'schen Gesetze bereits ihre Umlaufszeiten einigermaßen (die sich auf Jahrzehnte und Jahrhunderte belaufen), sowie die scheinbaren Bahnweiten; kennt man dann überdieß die Entfernung von der Erde, so ergibt sich nicht nur ihre wirkliche Bahnweite und Entfernung von einander, sondern selbst die Masse des Doppelsterns in Vergleich mit der Sonnenmasse (VI, 3). Der (I, 4) erwähnte Schwanenstern ist ein Doppelstern von fast gleicher Helligkeit, welcher in der That bereits mit einiger Näherung gewogen ist: der mittlere Abstand der beiden Sonnen, woraus er besteht, beträgt etwa 45 bis 50 Sonnenweiten, und die Masse beider zusammen scheint nicht beträchtlich größer oder kleiner zu sein als die Hälfte der Sonnenmasse.

13. Daß auch die Sonne im Raum sich fortbewegt, wobei sie die Erde und ihr ganzes System mitnimmt, ist gewiß, allein man kann bis jetzt blos über die gegenwärtige Richtung ihrer Bewegung etwas Zuverlässiges aussagen, während schon der jährliche Betrag, und noch mehr der Mittelpunkt derselben unbekannt ist, sowie das System der Körper, mit welchen sie etwa die Bewegung theilt.

Die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems ist sehr schwer zu ermitteln wegen der Vermischung der parallaktischen Bewegung mit den eigenen Bewegungen der Fixsterne und wegen der (scheinbaren) Kleinheit aller Veränderungen, die wir überhaupt in der Stellung der Fixsterne wahrnehmen. Da nämlich die Erde an jener Bewegung Theil nimmt, so kann sich das Fortrücken des Sonnensystems nur durch Veränderungen der Umgebung, d. h. durch parallaktische Bewegungen der Fixsterne verrathen, es handelt sich also darum, diese parallaktischen Bewegungen von den wirklichen (VI, 12) zu unterscheiden, was nur durch eine gewisse Gemeinsamkeit geschehen kann, nämlich ungefähr so, daß die Sterne in derjenigen Gegend des Himmels, nach welcher die Sonne sich hinbewegt, auseinanderzutreten, in der entgegengesetzten aber zusammenzurücken scheinen. — Solches hat nun die Beobachtung wirklich herausgestellt; im laufenden Jahrhundert bewegt sich das Sonnensystem nach einem Punkt im Sternbild des Herkules links vom hellen Stern der Krone hin. Das ist aber auch Alles, was sich mit Sicherheit aussagen läßt; alle anderen Bestimmungen, die man schon aufstellen zu können glaubte, sind blose Annahmen, welche auf Ueberschätzung der vorliegenden Beobachtungen beruhen: so insbesondere die berühmte „Centralsonne“ Mädlers (daß die Sonne um den Centralstern Alcyone des Siebengestirns bei einer Entfernung von 170 Sternweiten in einem Zeitraum von mehr als 18 Millionen Jahren unter dem Einfluß einer anziehenden Kraft sich bewege, welche diejenige der Sonne 117 Millionenmal übertreffe!). — Man kann überhaupt noch nichts über das „höhere Gravitationssystem“ aussagen, dem die Sonne angehört, außer daß sie in keiner Doppelsternverbindung steht, weil alle Nachbarsterne zu weit entfernt sind, vielleicht auch noch, daß sie mit ihren Nachbarsonnen kein kleineres Sondersystem bildet, weil die bis jetzt bekannten Bewegungen hiefür zu groß zu sein scheinen. — Etwas anderes ist es, wenn man seit dem großen Herschel von einem Milchstraßensystem, als unserem Sternsystem, spricht, einer linsenförmigen Sternschicht, deren größter Durchmesser durch den Umfang der Milchstraße, als „unseres Nebelflecks“, bestimmt ist; man meint damit blos, daß die Sonne diesem ungeheuern Ganzen angehöre, welches sich der beobachteten Sternvertheilung zufolge aus dem übrigen Weltall aussondere, und welchem in manchen Nebeln (I, 4) andere Sternsysteme zur Seite stehen mögen; keineswegs aber wird damit behauptet, daß die oben er-

wähnte Bewegung der Sonne als einem unmittelbaren Glied dieses Sternsystems zukomme. — In einem großen kugelförmigen, oder linsenförmig abgeplatteten Sternsystem läßt sich übrigens noch ein ganz anderes Gravitationsverhältniß denken, so nämlich, daß alle einzelnen Körper Bahnen um den Schwerpunkt beschreiben, wobei die Anziehungen aller weiter nach innen zu stehenden Körper zusammen die bewegende Kraft für den entfernteren sind, daher denn die bewegenden Kräfte (wie die Schwere im Innern eines Weltkörpers II, 2), und folglich die Geschwindigkeiten nach außen zu größer würden (dieser theoretische Gedanke liegt jener Centralsonnenhypothese zu Grund, aber es fehlt noch die erfahrungsmäßige Probe, und wohl noch auf sehr lange Zeit).

Zweite Abtheilung.

VII. Der Weltäther und das Licht.

1. Man hat allen Grund den Weltraum als durchaus erfüllt von Materie anzunehmen, aber in einem Zustand, wo sie bisher unwägbar geblieben und für alle Gefäße unsperrbar ist; dieß ist der (sogenannte Welt-) Aether.

Auf eine solche Stofferfüllung führt das Licht, sofern es deren zu seiner Fortpflanzung bedarf (VII, 11), aber auch schon die Schwierigkeit, den schlechthin leeren Raum, und vollends Gränzen zwischen demselben und den Atmosphären der Weltkörper sich vorzustellen. — Der Weltäther ist wie die allgemeinste Stofferfüllung, so die Materie in äußerster Feinheit, in Vergleich womit schon die Gase zum „Grobstoff" gehören; er erfüllt die Zwischenräume zwischen den Weltkörpern, sowie diejenigen zwischen den Körperatomen (die Poren der gröberen Materie II, 6); obgleich er aber unseren Wagen bisher unmerklich geblieben ist, so ist er als Materie doch der Massenanziehung unterworfen und befindet sich an und in den Körpern in verdichtetem Zustand, genau ihrem Atomenbau sozusagen sich anschmiegend. — Widerstand des Weltäthers bei den kosmischen Bewegungen (der Enckesche Komet).

2. Die Körper leuchten entweder mit eigenem oder mit erborgtem Licht (Selbstleuchter und dunkle Körper). Die hauptsächlichen Ursachen von Lichtentwicklung (oder Selbstleuchten) auf der Erde, wobei gewöhnlich zugleich Wärme entsteht, sind der chemische Verbrennungsproceß, den man gemeinhin Feuer nennt, und die elektrische Entladung.

Ueber das Leuchten der an sich dunkeln Körper mit erborgtem Licht, d. h. durch Zurückwerfung des von Selbstleuchtern empfangenen Lichts (VII, 6). — Die selbstleuchtenden Weltkörper (Sonnen) und die an sich dunkeln (vgl. I, 5); letzteres im Allgemeinen und im Ganzen zu verstehen, denn auf der Erde erzeugt sich viel eigenes Licht im Einzelnen, welches aber gegen ihre Beleuchtung durch die Sonne verschwindet; was die letzte Ursache von dem Sonnenlicht sei, ist eine kaum mit Sicherheit zu beantwortende Frage (vgl. VIII, 11). — Feuer ist ein chemischer Proceß (X, 5) wobei nicht nur Entwicklung von Wärme, sondern auch Lichtentwicklung statt findet; während nämlich jene bei jedem, erfolgt diese in der Regel erst beim gesteigerten (mit hohen Wärmegraden verbundenen) Verbrennungsproceß; Flamme ist brennendes (glühendes) Gas, Feuer ohne Gasverbrennung blose Gluth; unsere Lichter sind in der Regel Flammen, und zwar solche, bei denen nicht nur Gase brennen, sondern auch Atome fester Körper (Kohlenatome) glühen, „rußende“ Flammen, während die reinen Gasflammen in der Regel minder hell leuchten, aber um so heißer sind. — Das Licht hat seinerseits auch chemische Erfolge (das Bleichen, das Lichtbild, Explosion einer Mischung von Chlorgas und Wasserstoffgas); es ist hier das Licht als solches, nicht etwa die damit verbundene Wärme. — Manche Körper leuchten im Dunkeln (d. h. ihr Licht wird sichtbar, wenn es nicht vor dem Sonnenlicht oder dem Tageslicht verschwindet) unter unmerklicher oder wenigstens untergeordneter Wärmeentwicklung, nach Art des Phosphors, der daher seinen Namen hat, weßhalb man auch die Erscheinung überhaupt Phosphorescenz nennt (Scheinholz, Leuchtwürmchen, Leuchten des Meers); ob dieß eine eigenthümliche Lichterzeugung oder auf die obigen beiden Hauptursachen des Selbstleuchtens zurückzuführen sei, ist wenigstens bei den Leuchtthierchen schwer zu entscheiden; eher ist bei dem Phosphor und dem Scheinholz an einen leisen Verbrennungsproceß zu denken; auch gibt es Körper, welche in Folge von vorheriger längerer Beleuchtung durch die Sonne (Insolation), oder auch durch blose Erwärmung phosphoreszieren (der Bologneser Spath). — Während beim gewöhnlichen Verbrennungsproceß das Licht erst gesteigerte Wärme begleitet, ist also in diesen Erscheinungen der Phosphorescenz die Wärme jedenfalls das untergeordnete; ebenso verhält es sich auch wenigstens mit manchen Erscheinungen des elektrischen Lichts (wie bei dem Ausströmen der Elektricität aus Spitzen oder im luftleeren Raum IX, 8.).

3. Licht verhält sich zur **Farbe** wie die Gattung zur Art; die Farben sind ebensoviele Arten von Licht, darunter die drei einfachen oder **Grundfarben** Roth, Gelb, Blau; dagegen ist **Weiß** die vollkommenste Ausgleichung sämmtlicher Farben und **Schwarz** die Ausschließung jeder Farbe.

Einfache und zusammengesetzte Farben (Mischung von Farbstoffen). — Daß Weiß eine ausgleichende Mischung sämmtlicher Farben ist (oder auch der drei Grundfarben, da hieraus alle anderen sich mischen), zeigt sich am klarsten an den Hergängen der Farbenzerstreuung und Farbensammlung (VII, 7); minder vollkommen durch Mischung der entsprechenden Farbestoffe oder durch rasche Drehung farbiger Scheiben, weil hier eben die vollkommene Ausgleichung der Grundfarben nicht eintritt. — Bei unvollkommener Ausgleichung der Farben entsteht nämlich das Grau, bei welchem meist die eine oder andere Grundfarbe den Ton angibt; und man kann sagen, daß zuletzt alles Weiß, was wir kennen, nur ein sehr helles Grau sei, sowie all' unser Schwarz nur ein sehr dunkles Grau. — Solche zwei Farben, welche sich zu weiß ergänzen, wovon also wenigstens die eine zusammengesetzt sein muß, wie Roth und Grün (d. h. Blau-Gelb oder Gelb-Blau) heißen schlechtweg Ergänzungsfarben, sie bilden den „Farbengegensatz" und „fordern einander", worauf ebensowohl zahlreiche „subjektive" Farbenerscheinungen beruhen, als die Farbenästhetik. — Daß bei den stärksten Hergängen der Lichterzeugung gewöhnlich zusammengesetztes Licht, ein mehr oder weniger weißes Licht, entsteht, erklärt sich aus der Lichtwellenlehre (VII, 11).

4. Von einem leuchtenden Körper pflanzt sich das Licht nach allen möglichen Richtungen gleichförmig und geradlinig fort (**Lichtstrahlung**), im Weltraum mit einer Geschwindigkeit von **42000** Meilen in **1** Sekunde (oder **1** Sonnenweite in **493** Sekunden).

Die gleichförmige geradlinige Fortpflanzung dauert solange, als das Licht in einem und demselben „durchsichtigen Mittel" sich bewegt (VII, 6. 7); durch die Lichtentziehung in einem Theil des Raums, die ein undurchsichtiger Körper (d. h. ein solcher, welcher vom Licht undurchstrahlbar ist) bewirkt, entsteht der Schatten mit seinen bilderzeugenden Erfolgen (Kernschatten, Halbschatten). — Die Geschwindigkeit des Lichts, welche man neuestens auch durch (natürlich sehr verwickelte) irdi-

sche Versuche zu ermitteln begonnen hat, ist seit dem Ende des 17ten Jahrhunderts bekannt und mittelst der Jupiterstrabanten von dem dänischen Astronomen Römer entdeckt worden. Bei Beobachtung ihrer Verfinsterungen nahm man bald wahr, daß dieselben nicht in den vorausberechneten Zeitpunkten eintrafen; vielmehr kamen, bei Zugrundlegung der Verfinsterungszeiten um Jupiters Quadraturen (V, 1), die Verfinsterungen um die Oppositionen zu früh, um die Conjunktionen aber zu spät, je um 493 Sekunden. Nun ist uns im zweiten Fall (bei den Gegenscheinen) Jupiter mit seinen Monden um eine Sonnenweite näher, im dritten (bei den Zusammenscheinen) um ebensoviel entfernter als im ersten Fall, also hängt die Sache offenbar mit der Entfernung zusammen, woraus denn Römer zuerst schloß, daß das Licht 493 Sekunden zu Durchlaufung einer Sonnenweite brauche. — Die ungeheure Geschwindigkeit im Verhältniß zu den Entfernungen im Weltall; wir sehen die Weltkörper stets in einem vergangenen Zustand (bis zu Jahren und Jahrhunderten). — Eine zweite von der allmäligen Fortpflanzung des Lichts herrührende kosmische Erscheinung ist die sogenannte Aberration des Lichts, vermöge der überhaupt ein Gegenstand, welcher von einem bewegten Standpunkt aus beobachtet wird, wofern die Geschwindigkeit dieser Bewegung nicht verschwindend klein gegen diejenige des Lichts ist, also wie die der Erde bei ihrem Umlauf um die Sonne (über 4 Meilen in 1 Sekunde), nicht an seinem wahren Ort gesehen wird, sondern in derjenigen Richtung verschoben, in welcher der Beobachter sich bewegt. Deßhalb zeigen die Fixsterne eine kleine jährliche Ortsveränderung (V, 2), die mit der Jahresparallaxe nicht zu verwechseln, aber ebensosehr ein unmittelbarer Beweis für den Umlauf der Erde um die Sonne ist, wie die fast durchweg unwahrnehmbare parallaktische Bewegung.

5. Der Grad der Beleuchtung, welche ein leuchtender Körper an einer entfernten Stelle des Raums hervorbringt, ist um so größer, je kleiner die Entfernung ist, und je senkrechter die Lichtstrahlen die erleuchtete Oberfläche treffen.

Das genauere Gesetz bestimmt hinsichtlich der Entfernung, daß die Lichtstärke dem Quadrat derselben umgekehrt proportionirt ist, und hinsichtlich der Schiefe der Lichtstrahlen, daß die Beleuchtung der schief zu der Strahlenrichtung liegenden Fläche in dem Verhältniß kleiner ist, in welchem ihre Projektion auf die zu den Strahlen rechtwinklige Ebene kleiner ist als sie selbst. — Dieß ist

ein allgemeines Gesetz für alle Strahlungen (namentlich ebenso für die Wärmestrahlung VIII, 9). — Auf diese Umstände hat man Rücksicht zu nehmen bei der Vergleichung der Lichtstärke verschiedener Lichtquellen, seien es ursprüngliche (Selbstleuchter) oder nicht, oder bei den „photometrischen“ Bestimmungen (freilich besitzt man kein Photometer, das so gegenständliche Angaben über Lichtstärke machte, wie z. B. das Thermometer über die Temperatur). Solche Bestimmungen hat man besonders bei den Weltkörpern versucht; dahin gehört z. B. die Unterscheidung der Fixsterne in Sterne 1ster, 2ter Größe u. s. w.; die Vergleichung der Sonne mit dem hellsten Fixsterne Sirius mit dem Ergebniß, daß dessen Licht vom Sonnenlicht etwa 20000 Millionenmal übertroffen wird. — Folgen für die Erleuchtung (und Erwärmung) der Planeten aus obigem Gesetz, d. h. zunächst für die verhältnißmäßigen Mengen von Licht (und Wärme), welche sie von der Sonne erhalten, wobei man noch bedenken muß, daß zugleich der Sehwinkel der Sonnenscheibe mit der Entfernung kleiner wird (I, 5).

6. Wenn Licht auf einen undurchsichtigen Körper trifft, so wird an dessen Oberfläche das, was nicht etwa „verschluckt“ wird, „zurückgeworfen“, meistens mit einer bestimmten Farbe (oder Farbmischung), an der Gränze zweier durchsichtigen Mittel kehrt nur ein Theil des Lichts in das „alte Mittel“ zurück, während ein anderer ins „neue Mittel“ eintritt.

Gesetz der Zurückwerfung: der einfallende und der zurückgeworfene Strahl liegen mit dem Einfallsloth in einerlei Ebene und machen mit demselben gleiche Winkel. — Bei gehörig glatter Oberfläche wird die Zurückwerfung zur Spieglung, d. h. geht so vor sich, daß die von jedem Punkt des lichtstrahlenden Gegenstandes ausgegangenen Strahlen nach der Zurückwerfung wieder nach einem Punkt hinzielen, beziehungsweise auch wirklich in ihm wiedervereinigt werden, wodurch ein Bild des Gegenstandes entsteht (virtuelles, reelles Bild; Flachspiegel, Hohlspiegel, Wölbspiegel mit ihren besonderen optischen Eigenschaften). — Rauhe Oberflächen werfen das Licht „zerstreut“ zurück; dadurch werden dunkle Körper allererst sichtbar (sie leuchten oder strahlen „mit erborgtem Licht“) und erscheinen mit dieser oder jener Farbe, sofern ihre Oberflächen bald diese, bald jene Lichtart zu-

rückzuwerfen vorzugsweise geeignet sind, während die übrigen (durch sogenannte „Verschluckung") verloren gehen. — Vollkommen durchsichtige Körper, welche alles Licht durchließen, wären gar nicht sichtbar; auch die Luft, obwohl in hohem Grad durchsichtig, wirft Licht zurück und erscheint dann bei gehörig mächtiger Schicht blau. Ebenso gibt es vielleicht keinen Körper, der bei einer sehr dünnen Schicht nicht durchsichtig würde, nur, daß nicht von jedem Stoff eine so dünne Schicht hergestellt werden kann (wie z. B. vom Gold). Halbdurchsichtige oder durchscheinende Körper (Transparenz).

7. Beim Uebergang aus einem durchsichtigen Mittel in ein anderes verändert der Lichtstrahl seine Richtung (Brechung des Lichts), so daß er im Allgemeinen dem Einfallsloth zu- oder von ihm weg-„gebrochen" wird, je nachdem er zuvor in dem dünneren oder in dem dichteren Mittel sich befand; zugleich treten (wofern es nicht bereits eine einfache Lichtart VII, 3) die verschiedenen Farben auseinander (Farbenzerstreuung).

Gesetz der Brechung: der einfallende und der gebrochene Strahl liegen mit dem Einfallsloth in einer und derselben Ebene, und wenn man in derselben um den Einfallspunkt einen Kreis mit beliebigem Halbmesser beschreibt und von den Punkten, in welchen derselbe den einfallenden und den gebrochenen Strahl schneidet, Lothe auf das Einfallsloth fällt, so stehen dieselben stets in dem gleichen Verhältniß. Dieses Verhältniß ist für je zwei Mittel ein anderes, z. B. 3 : 2 aus Luft in Glas, und daher umgekehrt 2 : 3 aus Glas in Luft. — Optische Eigenschaften der verschiedenen Arten von Gläsern; Flachgläser heben durch zweimalige Brechung an ihren parallelen Wänden Ablenkung und Farbenzerstreuung wieder auf; Prismen dagegen gewähren beides (das prismatische Farbenbild, das durch eine Sammellinse wieder aufgehoben werden kann; Achromasie, d. h. Bewerkstelligung der Ablenkung ohne Farbenzerstreuung); Linsen vereinigen die von einem Punkt ausgegangenen Strahlen nach der Brechung reell oder blos virtuell (Wölb- oder Sammel- und Hohl- oder Zerstreuungslinsen; Brillen und Luppen; Gegenstandslinsen mit ihren Brechungsbildern). — Auf Spiegeln, Prismen und Linsen beruhen sofort die zusammengesetzten optischen Instrumente, besonders die Mikroskope und Teleskope, die dunkle Kammer (mit

ihrem Gebrauch zur Festhaltung des „Lichtbilds“ durch die chemische Wirksamkeit des Lichts (VII, 2), Daguerreotyp, Photographie); auch die optische Einrichtung des Auges beruht vornehmlich auf der bilderzeugenden Wirksamkeit linsenförmiger Mittel (Krystallinse und Netzhautbild). — Die „einfache“ Brechung, worauf alles Angeführte beruht, ist übrigens nur der häufigste und einfachste Fall der Brechung; es gibt, namentlich unter den Krystallen (X, 2), viele durchsichtige Mittel, welche das Licht doppelt brechen, so daß aus einem einfallenden Strahl zwei gebrochene hervorgehen, und ein Gegenstand durch ein solches doppelbrechendes Mittel doppelt erscheint; das Gesetz dieser Doppelbrechung ist ebenfalls ganz mathematisch, aber auch ungleich verwickelter als das obige der einfachen Brechung. — Eine ähnliche Ablenkung und Farbenzerstreuung erfahren die Lichtstrahlen auch schon beim Vorübergang an Körperrändern; darin besteht die Beugung (Diffraktion, Inflexion) des Lichts (Gitterfarben, das Schillern). — Die vollständige Zurückwerfung an durchsichtigen Oberflächen, wo dem Brechungsgesetz gemäß die Strahlen nicht austreten können (Prismen als Spiegel).

8. Durch Zurückwerfung und Brechung wird das Licht mehr oder weniger verändert, dergestalt daß es sich bei weiteren Zurückwerfungen und Brechungen anders verhält, als unmittelbar gestrahltes Licht, daß es namentlich in manchen Fällen nicht zurückgeworfen oder nicht durchgelassen wird, wo dieß bei unmittelbar gestrahltem Licht stattfindet (die Polarisation des Lichts).

Vollkommene Polarisation ergibt sich insbesondere bei der Doppelbrechung in Krystallen und krystallinischen Körpern, sowie bei der Zurückwerfung und Durchlassung unter bestimmten Winkeln (bei Glas z. B. 35 Grad, worauf das gewöhnliche Polarisationsinstrument beruht; die Turmalinzange; besondere Farbenerscheinungen im polarisirten Licht). — Da unmittelbar gestrahltes Licht nicht, erborgtes (also zurückgeworfenes) Licht aber mehr oder weniger polarisirt ist, so kann man mit dem Polarisationsinstrument Himmelskörper darauf untersuchen, ob ihr Licht eigenes oder erborgtes ist, und dabei bewähren sich die Fixsterne in der That als Selbstleuchter (Sonnen I, 5). — Gewisse durchsichtige Stoffe haben eine eigenthümliche Wirkung auf polarisirtes Licht, welches durch sie geht, indem sie seine Polarisationsebene (d. h. die

Ebene durch den Strahl und diejenige Richtung, in welcher er am vollkommensten zurückgeworfen wird) bald nach Links, bald nach Rechts drehen (Bergkrystall, Zuckerauflösungen und andere Flüssigkeiten, das „Dextrin"), so daß das polarisirte Licht auch unter die „chemischen Reagentien" gehört.

9. Unter besonderen Umständen entsteht eine Lichtschwächung, wenn Licht zu Licht hinzukommt (die Lichtinterferenz), und diese Erscheinung deutet offenbar darauf hin, daß das Licht nicht sowohl ein Stoff, als vielmehr eine Bewegung ist; diese Bewegung hat man sich alsdann ähnlich derjenigen zu denken, in welcher der Schall besteht (VII, 10).

Wenn Lichtstrahlen an einer Raumstelle zusammentreffen, so verstärken oder schwächen sie sich, je nachdem ihre Längenunterschiede sich verhalten; daß man solche Lichtaufhebungen erst in künstlichen Versuchen wahrnimmt (z. B. die Interferenzfransen von einer Lichtlinie mittelst eines nahezu flachen Prismas): dieß hat seinen Grund darin, daß bei den gewöhnlichen Strahlungen Interferenzen zwar stets in großer Menge vorkommen, aber durch anderweitiges Licht wieder verwischt werden (das Flimmern der Fixsterne wahrscheinlich eine Interferenzerscheinung). — Wenn nun, was auch an sich eine unbefriedigende Vorstellung ist, die Lichtstrahlung in Auswerfung eines „Lichtstoffs" bestünde, so wäre der Interferenzhergang schlechterdings unerklärlich; ganz anders, wenn das Licht in einer Bewegung besteht, denn dann ist Ruhe Finsterniß, und Ruhe kann hervorgebracht werden, wenn an einer und derselben Raumstelle gleichgroße einander der Richtung nach entgegengesetzte Bewegungen erregt werden. Welcher Art diese Bewegung (VII, 11) sei, hat man aus den Schallerscheinungen (VII, 10) erschlossen.

10. Der Schall rührt von einer schwingenden Bewegung elastischer Körper oder ihrer Theilchen her; diese theilt sich der Umgebung mit, namentlich der Luft, und pflanzt sich so wellenförmig fort (in der Luft mit einer Geschwindigkeit von 1050 Pariserfuß in der Sekunde); sie kommt endlich als Schall zur Empfindung, indem sie sich dem Gehörnerven im Ohr mittheilt. Der Ton beruht auf der Gleichzeitigkeit der ihn hervorbringenden Schwingungen und ist um so höher, je rascher dieselben erfolgen.

Die Schallschwingungen sind theils unmittelbar sichtbar oder fühlbar, theils mittelbar durch die von ihnen an Flüssigkeiten oder leichte Körperchen (Sand 2c.) mitgetheilten Bewegungen (Klangfiguren). — Durch Luftpumpenversuche (II, 16) erhellt, daß im luftleeren Raum kein Schall sich fortpflanzt; wenn überhaupt der Raum zwischen der Stelle der Schallerschütterung und dem Ohr nicht Stoffe enthält, die zur Mittheilung und Weitergebung derselben sich eignen, so kann sie auch nicht zum Ohr gelangen; das gewöhnlichste „Schallmittel" ist die Alles umhüllende Luft, aber auch Wasser, der Erdboden, überhaupt irgend ein grobmaterielles, nur einigermaßen elastisches Mittel kann zur Schallfortpflanzung dienen. — Durch großartige Versuche mit Kanonen in der Umgegend von Paris ist die oben angegebene mittlere Geschwindigkeit des Schalls in der Luft ermittelt worden; sie ändert sich nämlich etwas mit dem Zustand der Luft, und ist für andere Schallmittel (Wasser, Metalle) eine andere. — Die „wellenförmige" Fortpflanzung erfolgt nach Art der Fortpflanzung einer Erschütterung auf der Oberfläche einer Flüssigkeit, nur daß man sich beim freien Schall in der Luft kugelförmige Wellen anstatt der kreisförmigen zu denken hat; jeder „Schallstrahl" bildet eine Wellenlinie (in Aehnlichkeit mit einem gespannten Tau, längs dem eine Erschütterung fortschreitet); die Strecke derselben, auf welche die schwingende Bewegung während einer vollen Schwingung des schallenden Körpers sich fortpflanzt, ist die Schallwellenlänge. — Die Schallstrahlung erleidet ähnliche Veränderung wie die Lichtstrahlung, namentlich Zurückwerfung (Echo) und Interferenz (Drehung einer Stimmgabel). — Ton ist der einfache Schall, auf Schwingungen von einerlei Zeitmaß beruhend, mag übrigens ihre Weite größer oder kleiner sein, wovon nur die Stärke abhängt; ein Tongemenge, dessen einzelne Töne sich unterscheiden lassen, bildet den (musikalischen) Accord (im weitestem Sinn, Konsonanz oder Dissonanz; der Wohlklang beruht auf einfachen Verhältnissen zwischen den Schwingungszeiten seiner Einzeltöne; die musikalischen Intervalle); ein regelloses Tongemenge, wo jene Unterscheidung aufhört, ist der tonlose Schall (Geräusch); eine gehörig rasche und vollkommen regelmäßige Folge einzelner Geräusche kann aber wieder einen Ton hervorbringen (was sich an dem rasch gedrehten Zahnrade zeigt, dessen Zähne man an einen Widerstand, z. B. ein Kartenblatt, anschlagen läßt, sowie auch an der Sirene). — Mit Rücksicht hierauf läßt sich die Entste-

hung des Tons noch allgemeiner so angeben, daß überhaupt eine gehörig rasche, gleiches Zeitmaß haltende Folge von Bewegungen einen bestimmten Ton hervorzubringen geeignet ist, insbesondere also eine Folge gleichzeitiger Schwingungen eines elastischen Körpers. — Die zu einem Ton von bestimmter Höhe erforderlichen Schwingungen kann man wirklich zählen (Sirene); die Frage nach der Schwingungszahl des tiefsten, sowie des höchsten hörbaren Tons verträgt aber wohl keine bestimmte Antwort (8 bis 24000 Schwingungen in der Sekunde nach der neuesten ungefähren Ermittlung; unsere Musik umfaßt in 8 Oktaven Töne von ungefähr 16 bis 4096 Schwingungen in 1 Sekunde; nach der gewöhnlichen Ansicht müßte man alle diese Zahlen außer 24000 verdoppeln).

11. Es ist überaus wahrscheinlich, daß das Licht in einer ähnlichen, aber nach allen Größenverhältnissen gänzlich verschiedenen Bewegung besteht (die *Lichtwellenlehre*). Hier sind die (chemischen) *Atome* des leuchtenden Körpers (sammt dem sie umhüllenden Aether) in einer überaus raschen schwingenden Bewegung begriffen; diese pflanzt sich in dem Alles erfüllenden und durchdringenden *Weltäther* fort, mit der ausnehmenden Geschwindigkeit (VII, 4), und wird, den Sehnerven mitgetheilt, als Licht empfunden; *Lichtschwingungen von bestimmter Dauer* bringen eine bestimmte Farbe (Lichtart VII, 3) hervor.

Die *Lichtschwingungen* sind der Anschauung so unzugänglich, wie der Aether, in welchem sie sich fortpflanzen, und die Körper-Atome, welche darin begriffen sind. Wie diese Atome selbst, so sind ihre Bewegungen unwahrnehmbar klein; es sind die letzten Theilchen, die Atome, welche im chemischen Proceß auseinander- und zusammentreten, was aus dem Verhältniß des chemischen Processes zur Lichtentwicklung folgt (VII, 2). — Daß der Weltäther hinreichendes *Fortpflanzungsmittel* für die lichterzeugende Bewegung ist, folgt daraus, daß dasselbe im Weltraum, sowie in unseren luftleeren Räumen sich fortpflanzt; nothwendig aber ist es, weil ohne ein materielles Mittel eine wellenförmige Fortpflanzung undenkbar wäre. — Die außerordentliche Raschheit (Billionen in der Sekunde) dieser unmerklich kleinen Lichtschwingungen entspricht der ausnehmend großen Fortpflanzungsgeschwindigkeit; aber gleichwohl gibt es Unterschiede in der Schwingungsgeschwindigkeit, und darauf beruhen die Farben. — Das prisma-

tische Farbenbild (VII, 7) ist zugleich die Farbenleiter; die langsamsten Lichtschwingungen (ungefähr 458 Billionen in der Sekunde) entsprechen dem Hochroth an der einen, die schnellsten (727 Billionen in der Sekunde) dem Violet an der anderen Gränze des Farbenbildes. Jede einzelne Farbe oder Farbenschattirung desselben zwischen den Gränzen kann durch eine bestimmte Anzahl von Schwingungen zwischen jenen beiden Aeußersten hervorgebracht werden, und die einfache Farbe nur durch solche, eine einfach zusammengesetzte aber (VII, 3) eben sowohl auch durch Zusammensein von zweierlei Elementarschwingungen (was einigermaßen dem Accord entspricht). Jede Mischung aber aus den drei Grundfarben (Grau, Weiß), die das Farbenbild nicht enthält (gleichsam dem tonlosen Geräusch entsprechend), ist nur das Ergebniß der verschiedenen Lichtschwingungen zusammen; und da bei einem verwickelten Verbrennungsproceß ohne Zweifel die Körper-Atome in den verschiedensten Schwingungen zusammengerüttelt werden, so begreift es sich, warum dabei in der Regel kein einfaches, sondern ein mehr oder weniger weißes Licht entsteht. — Diese „Lichtwellenlehre“ gründet sich zunächst auf die Lichtinterferenz (VII, 9); die Interferenzversuche haben aber eben zugleich das Mittel geliefert, jene merkwürdigen Schwingungszahlen zu ermitteln, denn die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde ist (VII, 10) überhaupt so groß, als die Wellenlänge in dem Raum enthalten ist, durch welchen die Schwingung in derselben Zeit sich fortpflanzt; die Wellenlänge für die einzelnen Hauptfarben aber ergab sich aus der Messung der Interferenzfransen, sofern die interferirenden Strahlen sich verstärken oder abschwächen müssen, je nachdem ein Wellenberg des einen mit einem Wellenberg oder Wellenthal des anderen zusammentrifft, je nachdem also ihre Wegunterschiede (VII, 9) eine ganze oder halbe Wellenlänge betragen (die Aeußersten, welche diese wundervollen Messungen geben für die beiden Enden des Farbenbilds, sind 37640 und 59750 Wellen auf einen Zoll, und dem entsprechen die oben angeführten 458 und 727 Billionen in einer Sekunde).

12. Auf den Veränderungen, welche das Sonnenlicht in der Atmosphäre erleidet, beruhen nicht nur die atmosphärischen Farben, zu welchen außer dem Regenbogen, dem Morgen- und Abendroth auch das Himmelblau gehört, sondern auch die allgemeine Tageshelle selbst und die

Dämmerung, endlich die Luftbilder (von der scheinbaren Erhöhung irdischer und himmlischer Gegenstände an bis zu der Luftspiegelung).

Tageshelle und Dämmerung beruht auf Lichtzurückwerfung in der Atmosphäre; jede Spur von Sonnenlicht entschwindet erst bei einer Tiefe der Sonne von 18 Grad unter dem Horizont, während schon bei einer Tiefe von 6 bis 7 Grad die Dämmerung eher der Nacht als dem Tag gleicht (astronomische, bürgerliche Dämmerung). — Wie überhaupt auf der vorzugsweise zurückgeworfenen Lichtart die Farbe eines Körpers beruht, so ist das Himmelblau die eigentliche Farbe der Luft (VII, 6), tiefblau oder mit weißlichem Ton, je nachdem feiner Dampfniederschlag in der Luft verbreitet ist, oder nicht, da dieser blos transparent ist; beim Uebergang aus dem reingasigen in den wolkigen (XIV, 7) Zustand läßt er mehr rothes und noch gelbes als anderes Licht durch, in solchem Uebergang ist aber der atmosphärische Dampf gegen Sonnenuntergang und nach Sonnenaufgang begriffen, daher das Abend- und Morgenroth. — Der Regenbogen ist ein prismatisches Farbenbild (VII, 7); jeder einzelne Tropfen liefert ein solches Bild von der Sonne, vermöge zweier Brechungen und einer Zurückwerfung jedes Sonnenstrahls, und diese einzelnen Bilder reihen sich in den Bogen zusammen, der dem Horizont um so näher rückt, je höher die Sonne steht (bei einer Höhe von 42 Grad nicht mehr sichtbar); übrigens sieht jeder Beobachter seinen eigenen Bogen, und der schwächere Nebenbogen mit umgekehrter Farbenleiter entsteht durch zwei Brechungen und zwei Zurückwerfungen der Strahlen in jedem Tropfen; auch kommt es nicht immer zu der Bogenbildung, manchmal bloße Bruchstücke davon. — Durch die Strahlenbrechungen in den verschiedenen Luftschichten erscheinen alle Gegenstände des Weltraums höher als sie wirklich sind, umsomehr, je näher sie am Horizont sind (die astronomische Strahlenbrechung); dieß hat eine Verlängerung des Tags zur Folge (die Kalenderangaben über Sonnen-Auf- und Untergang beziehen sich nämlich auf die Zeitpunkte, wo der Mittelpunkt der Sonnenscheibe wirklich in dem Horizont sich befindet); ebenso werden auch irdische Gegenstände durch Brechung in den unteren Luftschichten erhöht, d. h. man sieht anstatt ihrer, wie bei den Himmelskörpern, ihre etwas höher befindlichen Luftbilder (die terrestrische Strahlenbrechung). — Die Luftspiegelungen auf der See und in weiten Ebenen aber beruhen auf

vollständiger Zurückwerfung der Strahlen, wenn über einer wärmeren und dünneren Luftschicht am Boden eine höhere, dichtere (weil weniger erwärmte) sich befindet (als Ausnahme von dem Gesetz der Luftschichten), aus welcher nun die von einem entfernten Punkt ausgegangenen Strahlen nicht wieder austreten können (wie bei dem Spiegelprisma VII, 7). — Die Höfe um Sonne und Mond eine Beugungserscheinung an den Nebelbläschen der Luft; auch die sogenannten Nebensonnen sind Bilder durch solche Beugungen (nach Art der Gitter, VII, 7).

13. Die Dauer der Dämmerung ist verschieden an verschiedenen Erdorten, um so länger je höher die Breite (Größtes an den Polen, Kleinstes am Aequator); aber auch an jedem einzelnen Erdort in verschiedenen Jahreszeiten, nämlich im Allgemeinen um so kürzer, je kleiner die Abweichung der Sonne (Kleinstes bei uns kurz vor der Frühlings- und bald nach der Herbstnachtgleiche bei einer südlichen Abweichung von 6 Grad); ähnlich verhält es sich auch mit der Verlängerung des Sonnenscheins durch die Strahlenbrechung.

Je schneller die Sonne bei der täglichen Bewegung sinkt, desto bälder erreicht sie die Tiefe, bei welcher die Dämmerung aufhört (VII, 12); daraus erhellt sogleich, daß die Dauer der Dämmerung mit der Breite zunehmen muß, weil die tägliche Bewegung um so schiefer zum Horizont wird; je kleiner aber die Abweichung der Sonne, desto größer ist der scheinbare Tagekreis der Sonne, desto größer also ihre scheinbare Geschwindigkeit bei der täglichen Bewegung, daher die kurzen Dämmerungen um die Nachtgleichen; übrigens gilt dieß genau nur für den Aequator, wo die senkrechte Bewegung stattfindet, je schiefer die tägliche Bewegung, desto mehr weichen die Zeitpunkte der kürzesten Dämmerung von den Nachtgleichen ab (bei uns um ein paar Wochen). — Auch die Verlängerung des Sonnenscheins durch die Strahlenbrechung ist um so beträchlicher, je größer die geographische Breite; beides zusammen verändert das Bild von den Jahrszeiten in den Polarzonen, so wie es von der Betrachtung des Sonnenstandes an sich aus erscheint (V, 3), wesentlich. Am Nordpol tritt der Untergang der Sonne über zwei volle Tage nach der Herbstnachtgleiche ein, und die Dämmerung dauert bis zum 15. November, worauf die vollständige Nacht bis

zum 27. Januar währt, mit welchem sich schon die ersten Spuren der Morgendämmerung zeigen, bis zu Anfang des März bereits die Sterne erlöschen, und wieder zwei Tage vor der Frühlingsnachtgleiche der Sonnenaufgang erfolgt. Daher macht am Aequator die vollkommene Nacht einen viel größeren Theil des Jahres aus als am Pol, und auch die Zeit des Sonnenscheins ist in Anbetracht der Strahlenbrechung am Aequator kürzer als am Pol. — Schon in unseren Breiten fällt die vollkommene Nacht im hohen Sommer weg, wenn man die astronomische Dämmerung im Auge hat; z. B. zu Berlin vom 17. Mai bis 25. Juli, zu Petersburg vom 20. April bis 20. August (hier füllt um die Sommersonnenwende die Dämmerung selbst nach dem bürgerlichen Begriff derselben die ganze Nacht aus).

VIII. Die Wärme und die Sonne.

1. Die Grundwirkung der Wärme besteht in Entfernung der Körperatome von einander (Erweiterung der Poren **II, 6**), dergestalt daß durch Erwärmung entweder blos die Dichtigkeit sich vermindert (Wärmeausdehnung), oder selbst der Zusammenhalt der Theilchen, womit der (Aggregat-) Zustand der Körper sich ändert (Uebergang aus dem haltbareren in den loseren Zustand, wobei auch der Druck eine Rolle spielt, unter welchem die Körper stehen). Die umgekehrten Erfolge hat die Erkältung (d. h. die Verminderung der Wärme, nämlich Kältezusammenziehung, Uebergang aus dem loseren in den haltbareren Zustand, übrigens mit derselben Rücksicht auf den Druck).

Die drei Hauptzustände, der starre, flüssige, gasige (vgl. II, 11 und 17); Verflüssigung starrer Körper (Schmelzen, Auflösen); Vergasung der Flüssigkeiten (Verdunsten, Verdampfen oder Sieden); Verflüssigung der Gase (Condensation, Niederschlag); Erstarrung der Flüssigkeiten (Gefrieren, Krystallisation, vgl. X, 2). — Die Uebergänge zwischen diesen Zuständen sind aber nicht allein durch Wärme bedingt, wie nicht nur die Auflösung zeigt, sondern auch der Einfluß des äußeren Drucks, der bei Vergasung und Niederschlag stets und entscheidend ins Spiel kommt (indem er bei der Condensation sogar die Hauptrolle hat und den Unterschied des Verdunstens und Siedens begrün-

det), aber auch beim Schmelzen und Erstarren nicht fehlt (merklich indeß erst bei sehr bedeutenden Druckunterschieden, vgl. VIII, 2). — Mit Vergasung ist stets Verdünnung verbunden, keineswegs aber mit Schmelzung (Eis schwimmt auf Wasser); in solchen Fällen, wo vielmehr die Erstarrung Verminderung der Dichte mit sich bringt, findet auch schon bei der Annäherung an den Erstarrungshergang eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetz statt, wornach Erkalten die Dichte vermehrt (Wasser nimmt seine größte Dichte noch in ziemlichem Abstand vom Gefrierpunkt, VIII, 2 an). — Entsprechend ihrer sonstigen Ausdehnsamkeit und Zusammendrückbarkeit (II, 17) ist die Fähigkeit der Gase, durch Erwärmung sich auszudehnen, durch Erkältung sich zusammenzuziehen, besonders beträchtlich (bis zur Vervielfachung des Rauminhalts, während bei anderen Stoffen die Volumänderung nur kleine Bruchtheile beträgt); das durch Wärme verdünnte Gas übt aber deßhalb keinen geringeren Druck aus, denn das Mariottische Gesetz setzt einerlei Wärmezustand voraus (II, 17).

2. Bei einerlei Druck findet das Schmelzen, sowie das Sieden eines und desselben Stoffs stets bei dem nämlichen Wärmegrad (Temperatur) statt, welcher übrigens bei verschiedenen Stoffen sehr verschieden ist (Schmelzpunkte, Siedpunkte); Vermehrung des Drucks erhöht den Siedpunkt, sowie auch den Schmelzpunkt.

Siedpunkt und Eispunkt des Wassers bezeichnen daher ganz bestimmte Wärmegrade bei einerlei Barometerstand (namentlich hinsichtlich des ersten). — Leichtschmelzbare Metalle, leichtsiedende oder flüchtige Flüssigkeiten (Aether); unschmelzbare Stoffe, ungefrierbare Flüssigkeiten, permanente Gase (vgl. X, 2). — Das Sieden ist diejenige Vergasung, bei welcher das gebildete Gas (Dampf) einen Druck auszuüben vermag, gleich dem Druck, unter welchem die Flüssigkeit steht (insbesondere dem Luftdruck, daher erniedrigt sich der Siedpunkt des Wassers mit zunehmender Meereshöhe, weil der Druck abnimmt II, 17); das Sieden bei erhöhtem Druck (Papins-Topf) und im luftleeren Raum. — Dazu daß der Dampf eine bestimmte Spannkraft gewinnt, gehört überhaupt eine bestimmte Temperatur, übereinstimmend mit dem allgemeinen Satz (VIII, 1), daß Wärme die Spannkraft der Gase vermehrt (d. h. die Dichte vermindert ohne Verminderung der Spannkraft); Spannungstafeln für Wasserdämpfe, die bei ver-

schiedenen Temperaturen sich bilden. — Neuere Versuche haben es außer Zweifel gesetzt, daß der Erstarrungspunkt mancher Flüssigkeiten (z. B. Wallrath) bei vermehrtem Druck gleicherweise sich erhöht, aber erst auf merkliche Weise, wenn die Druckunterschiede schon mehrere „Atmosphären" betragen.

3. Auf der Ausdehnung der Körper durch die Wärme beruht die Messung der Wärmegrade selbst (Thermometer); dieß setzt aber voraus, daß die Ausdehnung des zum Thermometer verwendeten Stoffs der Wärmezufuhr proportionirt sei.

Die verschiedenen Arten von Thermometern, zum Theil bloße Thermoskope (d. h. Mittel Wärmeveränderungen wahrzunehmen ohne wirkliches Maß); das gewöhnliche Quecksilberthermometer mit seinen zwei Hauptpunkten (VIII, 2) und seiner verschiedenen Gradeintheilung. — Daß dieses nicht blos Thermoskop, sondern wirkliches Thermometer sei, setzt also eine gleichmäßige Ausdehnung des Quecksilbers voraus, d. h. daß gleiche Wärmezufuhr stets eine Ausdehnung von gleichem Betrag hervorbringe. Nun ist aber wirklich die Ausdehnung der Stoffe durch die Wärme keineswegs gleichmäßig, ja sogar im Allgemeinen ungleichmäßig (Wasser z. B. dehnt sich stärker aus bei höheren als bei niedrigeren Temperaturen, d. h. etwa von 60 bis 70 Grad um mehr als vom 20ten bis zum 30ten); allein es gibt beträchtliche Strecken gleichmäßiger Ausdehnung (insbesondere beim Quecksilber etwa von 26 unter bis 110 (R.) über Null, überhaupt in gehörigem Abstand von seinem Sied- und Gefrierpunkt). — Dieß hat man aber ermittelt durch Vergleichung der Ausdehnung des Quecksilbers mit derjenigen der Luft (Luftthermometer, das eigentliche Normalthermometer), da die Gase nicht nur die stärkste (VIII, 1), sondern auch eine vollkommen regelmäßige Ausdehnung haben (wenigstens im gehörigen Abstand von dem Siedpunkt ihrer Flüssigkeit, was also von der Luft im weitesten Umfang gilt); überdieß hat sie für alle Gase fast genau denselben Betrag (nämlich um $^1/_{218}$ ihres Rauminhalts für 1 Grad (R.), beim Quecksilber ist der Betrag innerhalb jener Strecke $^1/_{4440}$).

4. Die Wärmemenge, wodurch die Temperatur eines Stoffs um ein Bestimmtes erhöht wird, ist der Masse proportionirt; verschiedene Stoffe aber bedürfen bei gleicher Masse verschiedener Wärmemengen zu der nämlichen Tempe-

raturerhöhung, weßhalb man ihnen ein verschiedenes Fassungsvermögen für die Wärme zuschreibt (Wärmecapacität, specifische Wärme).

Um z. B. 6 ℔ Wasser von 0 bis 15 Grad zu erwärmen, ist 6mal mehr Wärme erforderlich, als um dieselbe Erwärmung von 1 ℔ Wasser zu bewerkstelligen; dagegen braucht z. B. 1 ℔ Quecksilber 33mal weniger Wärme als 1 ℔ Wasser, um auf denselben Grad geheizt zu werden; auch bleibt sich das Fassungsvermögen eines und desselben Stoffs nicht gleich, vielmehr nimmt es überhaupt mit abnehmender Dichte und daher auch mit fortschreitender Erwärmung zu. — Das Wasser hat unter allen festen und flüssigen Stoffen die größte specifische Wärme, und steht selbst den meisten Gasen voran (diejenige der Luft bei 28 Zoll Barometerstand ist z. B. $1/4$ von derjenigen des Wassers); auch nimmt man die specifische Wärme des Wassers zur Einheit (ebenso wie bei dem specifischen Gewicht II, 6). — Dagegen entsprechen den großen Veränderungen in der Dichte, deren z. B. die Luft fähig ist, ebenso große Unterschiede in der Wärmecapacität; denn bei den Gasen ist die specifische Wärme dem specifischen Gewicht geradezu umgekehrt proportionirt.

5. Wie durch Erwärmung Verdünnung, durch Erkältung Verdichtung der Körper verursacht wird (**VIII, 1**), so wirkt umgekehrt Verdichtung der Körper erwärmend, Verdünnung erkältend (Verdichtungswärme, Verdünnungskälte).

Es kann kein Zweifel sein, daß jede Stoffverdichtung mit Wärmeentwicklung verbunden ist, allein sie entzieht sich meistens der Beobachtung; plötzliche Verdichtung eines Gases aber, z. B. durch Druck, steigert die Temperatur so sehr, daß sich Feuerschwamm dabei entzündet (pneumatischer Feuerzeug); ebenso ist die bei aller „Gasabsorption“ stattfindende Verdichtung mit Wärmeentwicklung verbunden (was besonders der Platinaschwamm am Wasserstoffgasfeuerzeug zeigt, wo das verdichtete Gas sich entzündet). — Der entgegengesetzte Erfolg zeigt sich an dem Sinken eines Thermometers unter der Luftpumpe, sowie beim Entweichen des verschluckten Gases aus einer Flüssigkeit.

6. Bei dem Uebergang aus dem haltbareren in den loseren Zustand (Verflüssigung, Vergasung) wird Wärme ge-

bunden, bei dem entgegengesetzten Uebergang (Niederschlag, Erstarrung) wird die gebundene Wärme frei; daher wirken Uebergänge der ersten Art erkältend, die der zweiten erwärmend.

Die gebundene Wärme des Wassers z. B. ist 60, die des Wasserdampfs 420 Grad, d. h. um 1 ℔ Eis von 0 Grad in 1 ℔ Wasser von 0 Grad zu verwandeln, ist so viel Wärme erforderlich, womit 1 ℔ Wasser von 0 bis 60 Grad erwärmt werden könnte, und um 1 ℔ Wasser von 80 Grad in 1 ℔ Dampf von 80 Grad zu verwandeln, wird sogar soviel Wärme erheischt, womit 1 ℔ Wasser von 0 Grad auf 420 oder (VIII, 4) über 5 ℔ Wasser vom Eis- bis zum Siedpunkt erwärmt werden könnte. — Wegen dieser Wärmebindung steigt ein Thermometer in schmelzendem Eis oder in siedendem Wasser nicht, trotz beständiger Wärmezufuhr. — Kältemischungen; Verdunstungskälte; Dampfheizung; Erkältung unter den Eispunkt, wenn Gefrieren stattfinden soll. — Erklärung des Luftpumpeneises (II, 15) in Vergleichung mit dem „Kryophor".

7. Die Wärme hat chemische und elektrische Wirkungen, und umgekehrt gehört der chemische Proceß (Feuer **VII, 2**), sowie die Elektricität zu den Wärmequellen; zu diesen und denen (**VIII, 5. 6**) kommt noch die Wärmeentwicklung durch mechanische Erschütterung (Stoß, Reibung).

Weiteres über die Gegenseitigkeit zwischen den thermischen und elektrischen Wirkungen (IX, 5. 10) und über diejenige zwischen thermischen und chemischen (X, 5. 6); auf Erden ist der chemische Verbrennungsproceß die häufigste Wärmequelle (vgl. VII, 2), auch erläutern unsere Feuer die Gegenseitigkeit, denn um den Verbrennungsprozeß einzuleiten, ist meist vorläufige Erhitzung erforderlich. — Beispiele von mechanischer Wärmeentwicklung: das Feuerschlagen, das Erhitzen der Ambose, das Entzünden von Holz durch Reibung; auch wirken solche Hergänge elektricitätserregend (IX, 4). Man könnte übrigens fragen, ob diese Wärme durch Stoß und Reibung nicht auf die Wärmequelle (VIII, 5) zurückzuführen sei, weil jedenfalls mit Verdichtungen verbunden.

8. Von den Wärmeheerden aus theilt sich die Wärme anderen Körpern mit, und die Wärmemittheilung geht sowohl

bei unmittelbarer Berührung (Wärmeleitung), als auf Entfernung (Wärmestrahlung) vor sich.

Bei der Wärmeleitung verbreitet sich die Wärme von einem Theilchen eines Körpers zum anderen, indem sich Theilchen für Theilchen erwärmt, und jedes vorhergehende, d. h. der Wärmequelle nähere Theilchen die Wärmequelle für das folgende oder entferntere wird; Wärmeleitung zu unterscheiden von der Wärmeverbreitung durch Wasser- und Luftströmungen (dort bewegt sich die Wärme selbst, hier erwärmte Materie). — Gute und schlechte Wärmeleiter; je geringer das Fassungsvermögen (VIII, 4) desto größer im Allgemeinen das Leitungsvermögen (Metalle oben an); wärmeerhaltende Kraft schlechter, wärmezerstreuende Erfolge guter Wärmeleiter (Betten, Sicherheitslampe). — Bei der Wärmestrahlung pflanzt sich die Wärme gleich dem Licht auf große Entfernungen mit großer Geschwindigkeit fort, indem sie die Körper, welche ihr überhaupt Durchgang gestatten (Durchwärmer, diathermane Stoffe), durchdringt, ohne sie bedeutend oder wenigstens nicht mehr zu erwärmen, als die entfernteren Körper, welche sie nicht weiter durchlassen; kein Stoff läßt nämlich die Wärmestrahlen vollkommen durch, sondern „verschluckt" auch mehr oder weniger Wärme, wobei er eben selbst erwärmt wird, und daher stehen Durchwärmungs- und Erwärmungsvermögen in umgekehrtem Verhältniß. — Durchsichtigkeit und Durchwärmbarkeit sind zwar meistens verbunden, indeß verhalten sich die Körper gegen beide Strahlungen ziemlich verschieden, dergestalt, daß mancher blos halbdurchsichtige Körper noch ein guter Durchwärmer ist, wie auch umgekehrt (Steinsalz der diathermanste feste Stoff). — Verschiedenheit der adiathermanen Körper (Nichtdurchwärmer) nach der Fähigkeit die Wärme einstrahlen und ausstrahlen, oder aber zurückstrahlen zu lassen, wobei es hauptsächlich blos auf die Oberfläche ankommt; gute Ein- und Ausstrahler sind die Körper mit dunkeln und rauhen, gute Zurückwerfer die mit glatten und hellen Oberflächen. — Der beständige Wärmeaustausch zwischen wärmeren und kälteren Körpern, um so stärker, je größer die Wärmeunterschiede; je schneller ein Körper erwarmt, desto schneller erkaltet er, was hauptsächlich vom Fassungsvermögen und Leitungsvermögen abhängt; Gleichgewicht der Temperatur in einem Raum, wo jeder Körper von seiner Umgebung wieder soviel Wärme empfängt, als er abgibt.

9. Die (mit der Lichtstrahlung so häufig verbundene) Wärmestrahlung theilt auch die besonderen Umstände und Gesetze der Lichtstrahlung beim Zusammentreffen mit verschiedenen Körpern (in noch viel höherem Grad als die Schallstrahlung VII, 10); daher beruht ohne Zweifel auch sie auf Bewegungen der Körperatome und des Weltäthers (Wärmeschwingungen und -wellen), worauf dann überhaupt alle Wärmehergänge zurückkommen müssen.

Man kennt Zurückwerfung und Brechung, Interferenz und Polarisation der strahlenden Wärme (Brennspiegel, Brenngläser); auch das Gesetz der Erleuchtung (VII, 5) gilt gleicherweise für die Menge der gestrahlten Wärme, welche eine entfernte Fläche empfängt. — Dieß und die häufige Vergesellschaftung beider, sowie die gemeinschaftliche Entwicklung bei chemischen und elektrischen Processen (VII, 2. VIII, 7) hat mit Nothwendigkeit die Ansicht herbeigeführt, daß auch die strahlende Wärme in einer ähnlichen Bewegnug des Weltäthers nnd der Körperatome bestehe, wie das Licht, nur, daß die der strahlenden Wärme zu Grunde liegenden Schwingungen andere (kleinere?) Geschwindigkeiten und Richtungen haben mögen (Lichtschwingungen blos rechtwinklig zur Strahlenrichtung, Wärmeschwingungen nach allen möglichen Richtungen wie die Schallschwingungen). — Absonderung der Licht- und Wärmestrahlen, indem man letztere durch ein durchsichtiges aber schlecht durchwärmendes Mittel vernichtet; verschiedenes Verhältniß zu den Farben der Skale (VII, 11, in der Gegend des Hochroth mehr Wärme, in der Gegend des Violett die eigenthümliche chemische Kraft des Lichts stärker). — Um nun auch Wärmeleitung und Wärmebindung, sowie die ausdehnende Grundwirkung der Wärme (VIII, 1. 6. 8) auf die Aetherbewegung zurückzuführen, hat man sich den Zustand eines warmen Körpers so zu denken, daß der ihn durchdringende Aether in einer wallenden Bewegung zwischen den Körperatomen begriffen ist, wodurch diese von einander entfernt werden. Während alsdann die Wärmestrahlung lediglich auf einer Mittheilung der wallenden Bewegung an den umgebenden Aether beruht (wellenförmige Fortpflanzung VII, 10), so beruht die Wärmemittheilung bei Berührung und die Wärmeleitung auf einem Uebergang des wallenden Aethers selbst; die Wärmebindung aber wäre daraus zu erklären, daß der übergegangene Aether beim Ein-

tritt des neuen loseren Atomenbaus] plötzlich einen Theil seiner Bewegung verlöre, während er die vorlorne Bewegung wieder gewänne bei dem umgekehrten Hergang, worin das Freiwerden der gebundenen Wärme bestände.

10. Die *Strahlung der Sonne* ist die reichste Quelle von Wärme (sowie von Licht) für die Erde; die *Wärmemenge*, welche die ganze Erde von der Sonne erhält, ist gleich in Zeiten, in welchen die um die Sonne beschriebenen Winkel gleich sind, aber stets ungleich auf der Erde vertheilt; der *Wärmegrad der Sonnenstrahlen* an sich, welcher bei gleicher Entfernung und gleichem Einfallswinkel stets derselbe sein muß (VIII, 9, wenigstens an der Gränze der Atmosphäre), ist wohl zu unterscheiden von der dadurch hervorgebrachten Erwärmung der irdischen Gegenstände und jedenfalls viel höher als die meisten dieser Temperaturen.

Von den örtlichen und zeitlichen Verschiedenheiten der Wärme an der Erdoberfläche handelt ein eigener Abschnitt (XIII). — Daß die Wärme, welche der Erde im *Ganzen* in einem gewissen Zeitraum zugestrahlt wird, nicht von der Entfernung, sondern nur von dem um die Sonne beschriebenen *Winkel* abhängt, d. h. dem Winkel proportionirt ist, den die Abstände der Endpunkte des durchlaufenen Bogens von der Sonne an deren Mittelpunkt mit einander bilden, folgt aus dem Gesetz der Strahlung (VII, 5) in Verbindung mit dem zweiten Keplerschen (V, 6). Denn einerseits verhält sich die Menge der der Erde zugestrahlten Wärme umgekehrt wie das Quadrat der jeweiligen Entfernung, andererseits wird bei einerlei Entfernung in der doppelten, dreifachen &c. Zeit 2mal, 3mal &c. soviel Wärme gestrahlt, oder die Wärmemengen verhalten sich wie die Zeiten der Strahlung; die Zeiten verhalten sich aber ferner wie die beschriebenen Flächenräume, und diese (zunächst bei gehörig kleinen Zeiten) einerseits wie die Winkel an der Sonne, andererseits wie die Quadrate der Abstände: mithin wird in jedem Zeittheilchen die gestrahlte Wärmemenge wieder im Verhältniß des Entfernungsquadrats vergrößert, und verhält sich daher einfach wie der beschriebene Winkel. In Zeiten also, für welche diese Winkel gleich sind, wie für die 4 Jahrszeiten, sowie für die einzelnen Jahre, erhält die Erde im *Ganzen* nothwendig gleichviel Wärme (welche somit auch von

dem Stand der Sonne gegen den Aequator unabhängig ist). Man hat Schätzungen über den Erfolg versucht, den die Gesammtmenge der jährlich der Erde zugestrahlten Wärme z. B. auf Schmelzung von Eis haben würde, mit dem Ergebniß, daß dadurch eine etwa 100 Fuß dicke Eisschicht rund um die Erde her geschmolzen werden könnte; allein von einer genauen Berechnung kann hier keine Rede sein, weil ein reines Ergebniß über den Wärmegrad der Sonnenstrahlen an sich kaum zu erzielen ist. — Daß man diese Temperatur sorgfältig von der Temperatur der bestrahlten Gegenstände unterscheiden muß, folgt aus der Verschiedenheit der thermischen Vermögen der Körper (VIII, 4. 8); z. B. bei einer Lufttemperatur von 28 Grad kann ein Granitfels eine Temperatur von 34, Sand und Grus 40 bis 50 Grad annehmen. Die Schwierigkeit, die eigentliche Temperatur der Sonnenstrahlen bei senkrechtem Einfallen zu ermitteln, beruht theils auf dem Wärmeverlust bei Durchstrahlung der Atmosphäre (VIII, 8), theils auf den fremdartigen Einflüssen, denen ein den Sonnenstrahlen ausgesetztes Thermometer unterworfen ist. In großen Höhen über dem Meer will man an dem Thermometer, das im geschwärzten Kasten (Schwärzung zur Beseitigung der Rückstrahlung) der Sonne ausgesetzt ward, 66 bis 88 Grad wahrgenommen haben; andere Beispiele von der Kraft der Sonnenstrahlen an und für sich sind, daß sie im Polarmeer bei einer Lufttemperatur im Schatten von 8 Grad unter Null Pech an den Schiffen, und in Sibirien bei Schattentemperaturen von 20 bis 28 Grad unter Null den Schnee auf den Dächern zu schmelzen im Stande sind. — Ist schon die eigentliche Temperatur der Sonnenstrahlen an der Erde nur ungenau bekannt, so kann vollends keine Rede sein von einer Schätzung der unmittelbar am Sonnenkörper stattfindenden Temperatur, die ohne Zweifel die höchsten Hitzegrade noch übertrifft, welche auf der Erde künstlich sich hervorbringen lassen.

11. Auf was für Hergängen die mächtige Wärme- und Lichtentwicklung auf dem Sonnenkörper eigentlich beruht, ist unbekannt; gewiß ist nur, daß den inneren massigen Theil desselben eine ungeheure lockere Hülle umgibt, von welcher das Licht ausgeht, und welche stets in gewaltigen Bewegungen begriffen ist, und sehr wahrscheinlich

wenigstens, daß diese Lichthülle der Sonne flammenartiger Natur sei.

Die erwähnten Aufschlüsse haben die Sonnenflecken (nebst Sonnenfackeln und Sonnenporen) gegeben. Die Sonnenflecken sind Trennungen der Lichthülle (zum Theil von ungeheurer Größe, Tausenden von Meilen im Durchmesser; die Tiefe schätzt man auf Hunderte von Meilen), durch welche man auf den Sonnenkörper selbst blickt (der übrigens gleichwohl im Zustand des heftigsten Glühens sich befinden könnte, gleichwie alle irdischen Lichter und Gluthen zwischen Auge und Sonne dunkel erscheinen). Sie sind in steter Veränderung begriffen und von kurzer Dauer (ein Fleck von 10000 Meilen Durchmesser schließt sich höchstens nach 6 Wochen), woraus auf eine außerordentliche Beweglichkeit des Stoffs dieser Hülle zu schließen ist, und daher auf gasig-flüssige, also wohl flammenartige Natur (Flamme: leuchtendes Gas, VII, 2); die helleren Stellen, die neben den Flecken sich zeigen, die Sonnenfackeln sind die den Trennungen zur Seite gehenden wogenartigen Anschwellungen des Flammenmeers. Bald erscheint die Oberfläche der Sonne gleichmäßig hell, bald mit unzähligen grauen Punkten besäet, die Sonnenporen, die ebenfalls stets sich verändern; die ganze Erscheinung soll mit dem langsamen Niedersinken flockiger chemischer Niederschläge in einer durchsichtigen Flüssigkeit auffallende Aehnlichkeit zeigen, weßhalb man die Sonnenhülle für ein Gemenge flammender Materie mit einem durchsichtigen Mittel zu halten geneigt sein muß. — Wodurch sich aber nun dieses Flammenmeer erzeugt und erhält, ist noch eine andere Frage; wenn überhaupt an eine der Entstehungsarten von Licht und Wärme zu denken ist, die wir auch auf der Erde kennen, so ist sie jedenfalls in einem Maßstab zu denken, unendlich verschieden von dem aller irdischen Hergänge; es könnte aber auch noch andere Hergänge der Aethererregung geben, welche die Erde gar nicht darbietet. — Ob sich die Sonnenstrahlung stets gleichmäßig erhalte, und wodurch, oder ob sie etwa im Abnehmen begriffen sei, sind ebenfalls zur Zeit noch unbeantwortbare Fragen; jedenfalls wäre an keine Abnahme ihrer Masse zu denken, da nach dem Standpunkt der Wellenlehre die Strahlung blos in einer Fortpflanzung der stets auf der Sonne vor sich gehenden Atombewegung besteht; eher an eine Einschrumpfung durch Erkalten, also eine Abnahme des Sonnendurchmessers, wovon aber bis jetzt nichts wahrgenommen

worden ist (auch war es nicht möglich, denn würde auch der Sonnendurchmesser täglich um 1 Fuß kürzer, so würde der Sehwinkel der Sonnenscheibe erst nach 6 Jahrtausenden um 1 Sekunde kleiner).

12. Von Wärmestrahlungen anderer Weltkörper ist bis jetzt nichts merklich geworden (höchstens ein Kleinstes beim Mond), und die Temperatur des Weltraums ist ohne Zweifel eine sehr niedrige (viel niedriger als alle irdischen Temperaturen), allein Näheres darüber zu bestimmen ist wohl so unmöglich, als über die Temperatur der Sonne. Von keinem einzelnen Fixstern (obwohl einer fernen Sonne) hat man einen Erfolg auf die feinsten Thermoskope (wie die Elektricität sie darbietet) wahrgenommen; nur die Mondstrahlen haben bis jetzt eine kleine thermische Einwirkung auf die Magnetnadel mittelst der Thermokette (IX, 10. 12) gezeigt. — Allerdings läßt sich dagegen von der Anzahl der wärmestrahlenden Körper ein Erfolg erwarten, und daher auch, da wir uns auch den Weltäther als Wärme (und Licht) verschluckend zu denken haben, eine Heizung des Weltraums (von dem „schlechthin Kalten“ könnte ohnedieß keine Rede sein). Allein die Schätzungen über „Sternenwärme“ und „Weltraumtemperatur“, die man schon unternommen hat, sind als eitle Unternehmungen zu betrachten, wie denn auch der eine 12 Grad, ein anderer 40 bis 48, ein dritter gar 120 Grad unter Null als Temperatur des uns umgebenden Weltraums herausgebracht hat!

IX. Die elektrische Polarität und der Erdmagnetismus.

1. An einem Eisenerz, dem Magneteisenstein, ist von Alters her eine eigenthümliche Anziehungskraft auf Eisen bekannt, welche deßhalb die magnetische heißt; sie ist am stärksten an den Enden des Magnets, während sie nach der Mitte zu verschwindet, und theilt sich während der Berührung dem angezogenen Eisen mit.

Magnet heißt sofort jeder Körper, welcher dem Magnetstein (dem sogenannten natürlichen Magnet, einer Verbindung aus Eisen und Sauerstoff, genauer Eisenoxyd und Eisenoxydul) gleich

sich verhält. Ganz besonders verhält sich so die künstliche Verbindung aus Eisen und Kohle, der Stahl; ein Stahlmagnet nimmt jene Anziehungskraft ebenfalls auf die Dauer an, auch getrennt von der Quelle der Kraft, was bei dem reinen Eisen nicht stattfindet; dieses nimmt vielmehr die magnetische Kraft nur während der Berührung mit einem Magnet unter dessen Einfluß (IX, 2) an, und verliert sie nach der Trennung (das sogenannte unmagnetische Eisen). — „Tragmagnete“ in Hufeisenform mit ihren „Eisenankern“. — Verlust der magnetischen Kraft durch Temperaturerhöhung.

2. Ein freischwebender Magnetstab (Magnetnadel) nimmt eine bestimmte Richtung an (bei uns im Allgemeinen Süd-Nord), weßhalb die beiden Enden jedes Magnets seine Pole heißen (Nordpol, Südpol), und zwei Magnete wirken so auf einander, daß ihre ungleichnamigen Pole sich anziehen, ihre gleichnamigen Pole aber sich abstoßen.

Daher hat überhaupt eine Wirkungsweise, welche bald in Anziehung, bald in Abstoßung sich äußert, den Namen Polarität erhalten; das allgemeine Polaritätsgesetz, unter welchem Magnetismus und Elektricität steht, behauptet, daß Gleichartiges sich abstößt, ungleichartiges sich anzieht. Die Benennung kommt also zunächst von den Magnetpolen her, deren Name wieder den Erdpolen entnommen ist, nach welchen die Enden einer Magnetnadel hinweisen, aber nur im Allgemeinen (IX, 15); der Compaß. — Das erwähnte Polaritätsgesetz ist nun das oberste für das Verhalten der Magnete; schon die Anziehung des sogenannten unmagnetischen Eisens (IX, 1) hat man sich so zu denken, daß letzteres im Anziehungsbereich eines Magnets zum Magnet wird, dessen Nordpol dem Südpol des anziehenden Magnets sich zukehrt. Ferner beruht darauf die Richtung der Magnetnadel; wird nämlich über einem sehr starken Magnet eine Magnetnadel angebracht, so daß die Mitten beider senkrecht über einander stehen, so wird sich nach obigem Gesetz die Magnetnadel dem anderen Magnet parallel stellen, so aber daß die ungleichnamigen Enden übereinander sich befinden; bei der Compaßnadel vertritt nun die Erde die Stelle des großen Magneten, der seine Pole im Norden und Süden hat, und so hat die Magnetnadel zur Entdeckung des Erdmagnetismus geführt (vgl. IX, 15). — Mittheilung des Magnetismus an noch unmag-

netischen Stahl durch längere innige Berührung der Enden des letzteren mit den Polen eines schon vorhandenen Magneten (Strich und Doppelstrich); die natürlichen Magnete haben ihre Kraft vom Erdmagnetismus. Eine zweite Quelle von Magnetismus aber ist die Elektricität (Elektromagnetismus), und es ist überhaupt jetzt ein Kreis von Thatsachen (IX, 12) vorhanden, wodurch die magnetische vorzugsweise (IX, 3) am Eisen erscheinende Polarität auf die elektrische zurückgeführt wird, die an Körpern aller Art und durch allerhand Mittel zur Erscheinung kommt.

3. Nach neueren Wahrnehmungen erstreckt sich die magnetische Kraft nicht nur auf Eisen (und einige eisenähnliche Metalle), sondern auf alle Stoffe, dergestalt daß die einen von den Polen eines hinreichend starken Magnets angezogen werden, nach Art des Eisens (paramagnetische Stoffe), die anderen aber, gegentheilig vom Eisen, abgestoßen (diamagnetische Stoffe).

Daß die zur Eisengruppe (X, 9) gehörigen Metalle, besonders das Nickel, zum Magnet wie Eisen sich verhalten, ist schon eine ältere Thatsache, sowie, daß das Mangan bei sehr niedriger Temperatur (weit unter Null) nach Art des Eisens sich benimmt, wie ja auch erhöhte Temperatur (beim Eisen erst volle Glühhitze) die magnetische Eigenschaft aufhebt. — Der Kreis dieser Stoffe hat sich erweitert, indem auch Platina, Graphit, Flußspath u. a. Stoffe (sowie die chemischen Verbindungen derselben mit den vorzugsweise magnetischen Metallen) von sehr starken Magnetpolen eine schwache Anziehung erleiden, was man daran erkennt, daß Stückchen dieser Stoffe zwischen den beiden Polen eines Hufmagneten gleich einem Eisenstückchen die Richtung der Verbindungslinie jener Pole annehmen, sich „axial" stellen. — Neuestens aber hat man an einer Menge von Stoffen wahrgenommen, daß sie unter denselben Umständen rechwinklig zu jener Richtung („äquatoreal") sich stellen, und darin besteht der sogenannte Diamagnetismus. Solche diamagnetische Stoffe sind alle Metalle außer denen der Eisen- und Platinagruppe (am stärksten Wismuth und Antimon, am schwächsten Silber und Gold), ferner Bergkrystall und Glas, Phosphor und Schwefel, Holz, Wasser, Alkohol u. s. w. Man hat jene Untersuchungen nämlich auch auf in Glasröhren eingeschlossene Flüssigkeiten und Gase ausgedehnt; Sauerstoffgas z. B. wird vom Magnet angezogen (ist also

paramagnetisch), Wasserstoffgas, Lichtflammen (sowie der Rauch von einem Wachsstock) abgestoßen (diamagnetisch).

4. Manche Körper (die sogenannten Nichtleiter) werden durch Reibung an einem anderen Körper in einen Zustand versetzt, in welchem sie gehörig leichte Körperchen (übrigens ohne Unterschied des Stoffs) anziehen und nach der Berührung wieder abstoßen; dieser Zustand heißt elektrisch, weil man ihn zuerst am geriebenen Bernstein (Elektron) wahrgenommen hat, die darin sich äußernde Kraft Elektricität.

Der elektrische Grundversuch mit geriebenen (z. B. an Wolle, Leder) Stangen von Glas und von Siegellak; übrigens ist er (oder die sogenannte Mittheilung der Elektricität) bereits eine der verwickelteren elektrischen Erscheinungen (IX, 8). — Zu den Nichtleitern gehören die Gase und unter den festen Körpern Glas und Krystalle, Schwefel und Harze, Seide und Wolle, Haare und Federn. Ihre Grundeigenschaft besteht darin, daß in ihnen der elektrische Zustand von den Punkten der ursprünglichen Erregung aus sich nicht weiter verbreitet und daher auch an andere Körper blos von den Berührungsstellen aus übergeht. — Ihnen stehen die Leiter der Elektricität gegenüber, zu welchen Flüssigkeiten, und unter den starren Stoffen vor Allem die Metalle gehören, sowie alle halbfesten und feuchten Stoffe (daher die Pflanzen- und Thierkörper und der Erdkörper im Ganzen, der Erdboden). In ihnen verbreitet sich die ursprünglich erregte oder mitgetheilte Elektricität mit ungemeiner Schnelligkeit und theilt sich von ihnen aus an die ganze Erde mit, wenn sie auch nur in einem einzigen Punkt mit derselben in „leitender Verbindung“ stehen, während sie sich erhält, wenn sie von dem Inbegriff der übrigen Leiter durch Nichtleiter getrennt, „isolirt“ werden. — Solche isolirte Leiter sind dann auch der ursprünglichen Elektricitätserregung fähig (vgl. IX, 5), und man darf daher sagen, daß alle Körper des elektrischen Zustands fähig seien. — Uebrigens gibt es mannigfaltige Grade im elektrischen Leitungsvermögen, die sogenannten Halbleiter (wie Papier, Holz, Stein, versteht sich in trockenem Zustand); vollkommene Leiter und Nichtleiter eigentlich nicht vorhanden, sondern nur bessere und schlechtere Leiter.

5. Der elektrische Zustand wird überhaupt ursprünglich hervorgerufen durch das Zusammenwirken zweier ver-

schiedener Körper von bloßer Berührung bis zum chemischen Prozeß; ihren Erfolgen nach aber kommen die elektricitätserregenden Hergänge auf zwei Hauptarten zuruck, je nachdem die zusammenwirkenden Körper (beide oder wenigstens einer) Nichtleiter (Elektricität in engerem Sinn oder nach Art der Reibungselektricität IX, 4), oder beide Leiter sind (Galvanismus oder galvanische Elektricität).

Die obige allgemeine Behauptung kann man in der That aufstellen, seitdem man weiß, daß nicht nur Reibung und ähnliche Hergänge (Stoß, Druck), sondern auch Zustandsübergänge (Krystallisaton, Verdampfung), chemische Processe, ja schon die ruhige oberflächliche Berührung zweier isolirter Leiter den elektrischen Zustand hervorrufen; und wenn die erregte Elektricität nicht überall zum Vorschein kommt, so rührt dieß blos daher, daß sie beim Entstehen wieder im Ganzen des Erdkörpers verschwindet (also von Mangel an Isolirung). — Die Hauptentdeckung (zu Ende des vorigen Jahrhunderts) war die der Berührungselektricität (zunächst durch Berührung zweier verschiedener Metalle, eines edleren und minder edeln) durch Galvani und Volta (daher Galvanismus), weil man durch sie neue Erfolge der Elektricität kennen lernte, und obwohl man heutzutage mit jeder Art von Elektricität sämmtliche Erfolge zu erzielen weiß, so eignet sich doch die eine mehr zu diesen, die andere mehr zu jenen, was jene Unterscheidung der zwei Hauptarten von Elektricitätserregung begründet (vgl. IX, 8. 9). — Zu diesen Elektricitätsquellen, wobei also stets zwei verschiedene Körper im Spiel sind, kommt dann noch die Wärme (Thermoelektricität) und der Magnetismus (Magnetelektricität IX, 12). — Ob der Reibungselektricität zunächst die durch Reibung hervorgebrachte Wärme (VIII, 7) oder die vervielfältigte Berührung zu Grunde liege, steht noch in Frage. Schlechte Leiter werden, wie durch Reibung, so auch durch Druck und Stoß elektrisch; manche Krystalle, besonders der Turmalin (Aschenzieher) durch bloße Erwärmung. — Ob der Galvanismus auf bloßer Metallberührung, oder auf chemischer Wirksamkeit zwischen Metall und Flüssigkeit beruhe, war lange Streitfrage; heutzutage ist gewiß, nicht nur, daß beides Elektricitätsquellen sind, sondern auch, daß in den wirksamsten galvanischen Apparaten beide im Spiel sind (die nassen Säulen

IX, 9); ja es ist auch theoretisch gar kein Gegensatz mehr vorhanden (vgl. X, 8). Nach Galvanis erster Wahrnehmung hielt man Nerven und Muskeln für den Sitz der Elektricitätserregung, und der Galvanismus galt als Lebenselektricität. Die elektrischen Fische bieten übrigens ein entschiedenes Beispiel von solcher organischen Elektricität dar, und man glaubte ihr elektrisches Organ, das aus einer Menge kleiner Zellen besteht, mit einer Voltaischen Säule vergleichen zu können.

6. Wie immer Elektricität erregt wird, so werden die dabei betheiligten Körper beide elektrisch, und zwar auf entgegengesetzte Art (positive und negative Elektricität); zwischen diesen zweierlei Arten von Elektricität findet Anziehung statt, zwischen Elektricitäten von einerlei Art aber Abstoßung; gleiche Mengen der entgegengesetzten Elektricitäten heben sich auf (binden sich), wenn es zur Vereinigung kommt (dem Ziel der Anziehung).

Hierin besteht die elektrische Polarität, und es ist dieß das elektrische Grundgesetz. Auch wo nur ein Körper im Spiel ist, wie bei der Erwärmung des Turmalins, entsteht der elektrische Gegensatz, indem der erwärmte Turmalin an seinen beiden Enden die entgegengesetzten Elektricitäten annimmt und somit ein magnetartig polarer Körper ist (IX, 2). Sind aber zwei Körper im Spiel, so wird stets der eine positiv, der andere negativ elektrisch; so Glaskörper und Reibzeug an der „Elektrisirmaschine", Zinkplatte und Kupferplatte bei dem Voltaischen Grundversuch. — Verschiedene Nichtleiter nehmen durch Reibung an den geeigneten „Reibzeugen" die eine oder andere Elektricität an, so namentlich die (an Wolle oder Pelz) geriebene Harzstange die entgegengesetzte Elektricität von der (an Wolle oder Amalgamleder) geriebenen Glasstange; daher auch Glas- und Harz-Elektricität, wobei man willkürlich jene als die positive festgestellt hat, so daß also jeder Körper, welcher von einer geriebenen Glasstange abgestoßen wird, als positiv elektrisch gilt, als negativ dagegen jeder, welcher von einer geriebenen Harzstange abgestoßen wird; namentlich wird hiernach im Voltaischen Grundversuche das Zink positiv, das Kupfer negativ. — Man hat für feste Nichtleiter die Reihenfolge ermittelt, in welcher jeder folgende negativ elektrisch wird, wenn er am vorhergehenden sich reibt, welcher alsdann die positive Elektricität einnimmt: „Katzenfell,

polirtes Glas, Wolle, Seide, Harz, mattes Glas" (wobei noch insbesondere zu bemerken, daß die Beschaffenheit der Oberfläche hier von Einfluß ist). Ebenso gibt es eine Reihenfolge für feste Leiter, in welcher jeder folgende bei der Berührung mit dem vorhergehenden negativ wird, letzterer also positiv, nämlich „Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platina, Kohle" (die galvanische Spannungsreihe; vgl. X, 9). – Die elektrische Anziehung und Abstoßung findet, sowie die magnetische, auf Entfernung statt, und beide befolgen dabei das Gesetz vom umgekehrten Quadrat der Entfernung (II, 2).

7. Ein unelektrischer Körper wird im Anziehungsbereich eines elektrischen Körpers (aber von demselben durch einen Nichtleiter getrennt) selbst elektrisch durch „Vertheilung der Elektricität"; ist er nichtisolirt, so nimmt er einfach die entgegengesetzte Elektricität von derjenigen der Quelle an; ist er aber isolirt, so wird er ein polarer Körper (der am zugekehrten Ende die entgegengesetzte, am abgekehrten die nämliche Elektricität zeigt wie die Quelle).

Wie diese Hauptthatsache der sogenannten elektrischen Vertheilung auf dem Grundgesetz (IX, 6) beruht, ist leicht abzusehen, sofern man einen „unelektrischen" Körper sich so denkt, als ob in ihm die beiden Elektricitäten sich gebunden hielten (sich aufheben). Sie wird zunächst nach jenen beiden Hauptfällen durch den „elektroskopischen Leiter" erläutert; es beruht aber sofort eine große Menge elektrischer Vorrichtungen darauf (die Condensatoren, Flaschen, Elektrophore). — Ein elektrischer Körper ist ein solcher, welcher die eine oder andere Elektricität „frei" enthält; die Menge dieser freien Elektricität heißt seine elektrische „Ladung", die Särke ihrer Anziehung oder ihres Drangs zur „Entladung", d. h. zur Vereinigung mit der entgegengesetzten, heißt die elektrische Spannung des Körpers, welche (bei einerlei Gestalt) der Ladung gerade und der Oberfläche umgekehrt proportionirt ist. — Die freie Elektricität haftet nämlich an den Oberflächen der Körper, ebensowohl vermöge der zwischen Elektricität von einerlei Art stattfindenden Abstoßung als vermöge der Anziehung, die sie auf die entgegengesetzte übt (sie gleichsam in der Umgebung suchend); sie hat aber an verschiedenen Stellen der Oberfläche verschiedene Spannung, je nach der Gestalt (überall gleich nur auf Kugelflächen), um so größer, je

größer die Wölbung an dem betreffenden Punkt (daher ein Größtes von Spannung, ja verhältnißmäßig zur Ladung unendlich große Spannung an Spitzen, denen eine unendlich große Wölbung zugeschrieben werden kann, vgl. IX, 8). — Weßhalb die Elektricität an der Oberfläche des elektrischen Körpers haften bleibt, hat seinen Grund lediglich an dem Widerstand, den die Luft als Nichtleiter jenem Entladungsdrang entgegensetzt; wäre Luft ein Leiter, so wäre gar keine elektrische Ladung möglich (das eigenthümliche Verhalten eines elektrischen Körpers im luftleeren Raum IX, 8). — Endlich bemerke man noch, daß ein bereits elektrischer Leiter unter dem Einfluß eines Körpers von ungleich stärkerer Ladung wie ein unelektrischer sich verhält.

8. Wenn zwei mit entgegengesetzter Elektricität geladene Körper durch einen Nichtleiter getrennt sind, dessen Widerstand der Spannung unterliegt, so erfolgt eine gewaltsame Entladung (der elektrische Funke, bei hinreichender Spannung mit Knall und Licht begleitet); die sogenannte Mittheilung der Elektricität besteht lediglich in einer Entladung (in Folge vorausgegangener Vertheilung IX, 7).

Wirkungen des elektrischen Funkens: Wärmeentwicklung (ob hier Licht oder Wärme das erste? vgl. VII, 2), Erschütterung, beziehungsweise Zertrennung von Widerstand leistenden Gegenständen (der elektrische Schlag); der eigenthümliche Geruch (Ozon?). — Je nach der Größe der Spannung findet die Entladung in der Luft auf größere oder kleinere Entfernung statt (Schlagweite), viel kleiner für andere Nichtleiter, welche die Ladungen trennen (Selbstentladung von Flaschen). — Das sogenannte Ausströmen oder Ausstrahlen der Elektricität, in Luft aus einer Spitze oder gegen eine Spitze, im luftleeren (luftverdünnten) Raum aber aus oder gegen Oberflächen von jeglicher Gestalt, ist nichts anderes als eine langsame und sanfte Entladung auf große Entfernung, welche an die Stelle der plötzlichen und heftigen Entladung tritt, theils wenn der Widerstand des Nichtleiters fehlt (also im luftleeren Raum), theils trotz des Widerstands, wenn die Spannung im Verhältniß zur Ladung jede Gränze übersteigt (also bei Spitzen IX, 7). — Ist die Ladung der beiden elektrischen Körper vollkommen gleich, so wird bei der Entladung alle Elektricität gebunden, ist sie nicht gleich, so bleibt freie Elektricität zurück (gemäß IX, 6, die schwache Nachentladung von Flaschen). Findet

daher die Entladung zwischen einem elektrischen Körper und einem isolirten an sich unelektrischen Leiter statt (der bei der Annäherung an jenen zum polaren Körper wird IX, 7), so kann sie stets nur eine theilweise sein, und der gedachte Leiter hat nachher einerlei Elektricität mit dem elektrischen Körper; dieß ist die sogenannte Mittheilung der Elektricität, wornach nun selbst der elektrische Urversuch (IX, 4, zumal die der Berührung folgende Abstoßung) zu deuten ist. – Uebrigens gehören diese Erscheinungen der „gespannten" Elektricität (IX, 7. 8) vorzugsweise der Elektricitätserregung durch Nichtleiter (oder der Reibungselektricität IX, 5) an; sie fehlen nicht, aber sind ungleich schwächer bei der galvanischen. Wie im Volta'schen Grundversuch, so ist auch bei den zusammengesetzten galvanischen Vorrichtungen (den Säulen) die elektrische Spannung (also auch die Anziehungen und Abstoßungen) gering (am stärksten an den Enden, Polen, der Säule, null in der Mitte, daher die Säule ein wahrhaft polarer Körper), nimmt übrigens mit der Anzahl der Elemente zu. Daher kommt in dieser Hinsicht besonders die trockene (Zambonische) Säule von sehr viel Elementen (aus Gold- und Silberpapier, d. h. Kupfer und Zinn) in Betracht (das elektrische Pendel und das Goldblattelektrometer). Die Funken der Volta'schen Säulen sind wohl lebhaft, aber vergleichungsweise schwach und finden nur bei ganz geringer Schlagweite, beim Berühren und Trennen der Poldrähte statt.

9. Wenn zwei beständige Quellen entgegengesetzter Elektricität in ununterbrochener leitender Verbindung stehen, so findet eine fortwährende Bindung der beiden Elektricitäten (gleichsam eine stetige atomweise Entladung) statt, und darin besteht der elektrische Strom in der geschlossenen elektrischen Kette.

So entsteht ein Strom an der Elektrisirmaschine in einem beide Conduktoren verbindenden Metalldraht, wo dann keine Spur freier Elektricität zum Vorschein kommt, eben weil die erregten Elektricitäten sich fortwährend binden (desgleichen an der Flasche, wenn beide Belegungen metallisch verbunden sind), sowie an der Säule oder an dem einzelnen Element, wenn die Pole in leitender Verbindung stehen. — Der Strom ist blos vorübergehend, wenn nicht beständig neue Elektricität erregt wird; und der elektrische Funke (IX, 8) kann auch als der Erfolg einer Unterbrechung des elektrischen Stroms angesehen werden. — Die eigenthümlichen Wirkungen des elektrischen Stroms: die chemischen Zersetzungen (X, 7) und die magnetischen Erfolge (IX, 12). — Die Erscheinungen

der „strömenden Elektricität“ gehören nun ihrerseits vorzugsweise der galvanischen Elektricitätserregung an, weßhalb auch die angegebenen Erfolge erst durch den Galvanismus bekannt geworden sind, und weßhalb man bei der elektrischen Kette vorzugsweise die galvanische meint (übrigens zeigen in schwächerem Maß die Ströme von Flaschen und Maschinen die galvanischen Wirkungen auch; es ist das umgekehrte Verhältniß von IX, 8). — Unter den verschiedenen Arten von Elementen und Säulen (galvanischen Batterien) stehen wieder die nassen (hygroelektrischen) voran, welche sämmtlich auf Berührung von Leitern in Verbindung mit chemischen Wirkungen beruhen (IX, 5). Die gewöhnlichen Elemente aus zwei festen Leitern und einer Flüssigkeit (meistens Zink und Kupfer nebst verdünnter Mischung aus Schwefel- und Salpetersäure, daher schlechtweg Zinkpol, Kupferpol, anstatt positiver, negativer Pol), werden aber (wie von ihnen die ursprünglichen Elemente aus Kupfer-, Zinkplatte und feuchter Filzscheibe) durch die neueren sogenannten „konstanten Elemente“ übertroffen, wo von den beiden sich berührenden Metallen jedes in einer besonderen Zelle von je einer Säure (Salzlösung) umspielt ist, während beide Flüssigkeiten durch eine poröse Schweidewand (Thon) getrennt sind, welche die Mischung verhindert, ohne die Leitung aufzuheben (z. B. Groves Element aus Zink, Platina, verdünnter Schwefel- und concentrirter Salpetersäure ganz besonders wirksam). — Bei diesen ist die Elektricitätserregung nicht nur wie bei allen galvanischen Elementen anhaltend, sondern auch stets von gleicher Stärke, es sind die vollkommensten „Selbsterreger“ und gewähren daher unter sonst gleichen Umständen die stärksten Ströme. — Die Stärke des elektrischen Stroms hängt aber nicht nur von der Größe der Elektricitätserregung ab, sondern auch von den Leitungswiderständen, welche der Strom in der ganzen Kette erfährt, dem Gesammtbetrag von jener gerade, von diesen umgekehrt proportionirt (nach Ohms Gesetz). Nun beruht die Gesammtkraft einer Säule theils auf der Anzahl der Elektricitätserreger oder Elemente, theils auf der Erregungskraft jedes einzelnen Elements, welche um so größer ist, je größer ihr Gegensatz (je entlegener die Stoffe in der Spannungsreihe vgl. IX, 6 und X, 9). Was aber den Leitungswiderstand betrifft, so ist er bei dem besseren Leiter geringer, namentlich in Metallen ungleich geringer als in Flüssigkeiten; in einem und demselben Leiter wächst er, wie natürlich, mit der Länge desselben (oder mit dem Weg des Stroms), überdieß aber ist er um so größer, je kleiner

der Querschnitt (daher die bedeutende Erhitzung sehr dünner Poldrähte oder Schließungsbögen beim Durchgang des elektrischen Stroms, sofern die Elektricitätsbindung (Entladung) überhaupt Wärme entwickelt IX, 8). — Die große Geschwindigkeit der Elektricität in den Leitern; in den bestleitenden Metallen ist die Geschwindigkeit des elektrischen Stroms ungefähr $1^1/_2$mal größer als die des Lichts im Weltraum (VII, 4), wie man durch überaus künstliche Versuche ermittelt hat.

10. Ein bloßer Temperaturunterschied vermag schon in einem Metallring einen elektrischen Strom zu erregen; der thermoelektrische Strom ist aber stärker, wenn zwei verschiedene Metalle in dem Schließungsbogen vorhanden sind, an deren Berührungsstelle die Temperaturveränderung statt findet.

Die Entdeckung der thermoelektrischen Ströme wurde 1821 von Seebeck gemacht, als das eine Ende des Kupferdrahts von einem Multiplikator (IX, 12) rothglühend mit dem anderen kalten verbunden wurde; bei einem einzigen Metall muß also der Temperaturunterschied sehr bedeutend sein. — Bei einem thermoelektrischen Element aber, d. h. zwei verschiedenen zusammengelötheten Metallstäben, reicht eine geringere, sei es Erwärmung oder Erkältung hin, so daß im letzteren Fall ein Strom von entgegengesetzter Richtung entsteht. Zu einem solchen thermoelektrischen Strom eignen sich aber nicht diejenigen Metalle am besten, welche die stärksten hygroelektrischen Ströme (IX, 9) geben, vielmehr die krystallinischen, wie Wismuth und Antimon (die thermoelektrische Spannungsreihe: Antimon, Eisen, Zink, Silber, Gold, Kupfer, Zinn, Blei, Platina, Wismuth, verglichen mit der Voltaischen IX, 6). — Die thermoelektrische Säule, in ihren Wirkungen aber nur schwache Voltaische Säulen erreichend; auf der Thermobatterie in Verbindung mit dem Elektromagnetismus (IX, 12) beruht sofort das feinste Thermoskop.

11. Verschiedene elektrische Ströme wirken anziehend oder abstoßend auf einander, je nachdem sie einerlei oder entgegengesetzte Richtung haben (Ampere's elektrodynamisches Gesetz); ein elektrischer Strom bewirkt in einem Leiter oder Schließungsdraht, sowohl bei der Annäherung als bei der Entfernung, einen augenblicklichen Strom (Faradays Thatsache der elektrischen Induktion).

In der geschlossenen Kette findet stets eine gedoppelte Bewegung der Elektricität statt, der positiven von deren Quellen nach den Sitzen der negativen und umgekehrt (wobei sie sich eben stets begegnen und binden IX, 9); wenn man daher von der Richtung des Stroms spricht, so hat man blos die eine der beiden Bewegungen im Auge, und zwar die der positiven Elektricität, die in der gewöhnlichen Säule vom Zink zum Kupfer geht. — Die gedachten Anziehungen und Abstoßungen zeigen sich an den Bewegungen der Schließungsdrähte, wenn man diese beweglich macht. Das Amperesche Gesetz gilt zunächst für Parallelströme; allein es ergibt sich daraus auch das Verhalten der Kreuzströme, die in verschiedenen ihrer Theile sich entweder anziehend oder abstoßend verhalten, je nachdem nämlich dieselben mehr der gleichen Richtung (bei spitzem Winkel bis zum Rechten einschließlich) oder der entgegengesetzten Richtung nähern (bei stumpfem Winkel bis zu 3 Rechten). Zwei rechtwinklige Kreuzströme ziehen sich daher in denjenigen ihrer Theile an, die dem Kreuzungspunkt zu- oder davon weggehen, während ein zugehender Zweig einen weggehenden abstößt; sie streben daher einerlei Richtung anzunehmen, was an Drehungen beweglicher Schließungsdrähte sich zeigt. — Die elektrische Induktion bildet gewissermaßen ein Seitenstück zur elektrischen Vertheilung; so geht auch bei der Entladung einer Flasche durch einen Spiraldraht in einen benachbarten Leiter von derselben Form eine übrigens ungleich schwächere Entladung vor sich; der Strom bei der Entfernung bat entgegengesetzte Richtung von dem, welcher bei der Annäherung entsteht.

12. Der elektrische Strom lenkt die Magnetnadel ab, so daß sie sich rechtwinklig zu seinem Schließungsdraht stellt, und unmagnetisches Eisen wird, so lang es von einem Strom umkreist wird, zu einem Magneten (Elektromagnet). Dagegen entsteht wiederum ein augenblicklicher elektrischer Strom (magnetelektrischer Strom) in einem Metallring (Schließungsdrath), wenn seinem Inneren ein Magnetpol sich nähert oder davon sich entfernt (magnetische Induktion).

Die berühmte Entdeckung Oerstedts 1820 von der Ablenkung der Nadel, wovon das genauere Gesetz: einem im Strom (in dessen Richtung IX, 11) schwimmenden Menschen würde der

Nordpol der Magnetnadel zur Linken abweichen. — Darauf gründet sich das feinste Elektroscop für strömende Elektricität (und mittelbar für Wärme IX, 10), indem die Ablenkung der Nadel erhöht wird einerseits durch Erhöhung ihrer Ablenkbarkeit (Beseitigung des Erdmagnetismus in der „astatischen" Nadel), andererseits durch Erhöhung der ablenkenden Kraft des Stromes (den man nämlich wiederholt in derselben Richtung an der Nadel vorbeigehen läßt, Multiplikatordraht, daher das ganze Instrument Multiplikator heißt). — Große Stärke der Elektromagneten; reines Eisen blos so lange Magnet, als in dem es umwindenden Schließungsdraht der Strom kreist, sogleich wieder unmagnetisch, sowie der Strom unterbrochen wird; Stahl wird bleibend magnetisch, wenn er gehörig lange vom elektrischen Strom umkreist war. — Die magnetische Induktion, bei welcher also ganz dasselbe vorgeht, wie bei der elektrischen (IX, 11), nur daß an die Stelle des elektrischen Stroms der Magnet tritt, zeigt sich besonders wirksam, wenn der Leiter, der übrigens auch ein bloser Ring oder eine Scheibe aus Metall sein kann, ein mehrfach (nach Art des Multiplikators) rollenförmig gewundener Metalldraht ist (dessen einzelne Windungen wie dort durch Seide isolirt sind), dessen Höhlung der Magnet genähert wird. Alle „inducirten" Ströme sind augenblickliche, sie sind von entgegengesetzter Richtung, theils bei Annäherung und Entfernung eines und desselben Pols, theils bei Annäherung der entgegengesetzten Pole. — Die magnetelektrische Maschine; der sogenannte Rotationsmagnetismus, lediglich ein besonderer Fall von Magnetelektricität, welche unmittelbar wieder eine elektromagnetische Wirkung hat (diese Erscheinung schon vor Faradays Induktion bekannt, aber bis dahin unrichtig erklärt). — Am elektrischen Telegraphen beruht die Hauptsache, die bestimmte Kundgebung in die Ferne, auf Elektromagnetismus; theoretisch merkwürdig aber ist am galvanischen Theil, daß die beiden Batterien an den zwei entfernten Stationen mit dem feuchten Erdboden zusammen gleichsam eine einzige Kette bilden, die durch die Luftleitung geschlossen wird (d. h. durch die über der Erde geführten Drähte).

13. Den elektromagnetischen und magnetelektrischen Thatsachen gemäß ist man jetzt geneigt, den Magnetismus für eine besondere Kundgebung der elektrischen Polarität zu halten; diese selbst aber wird man von entgegen=

gesetzten Beschaffenheiten herzuleiten haben, welche der Weltäther (VII, 1) in verschiedenen Körpern bei deren Berührung, Reibung, chemischen Wirksamkeit annimmt.

Gemäß den elektrodynamischen Gesetzen (IX, 11) geht die Wirkung zwischen Strom und Magnet gerade so vor sich, wie zwischen jenem Strom und einem zweiten Strom, der in einem spiralförmig um seine Axe gewundenen Schließungsdraht kreist, in einem sogenannten „Solenoid"; in der That verhält sich ein solches ganz wie ein Magnet (Eisen anziehend, der Nadel gleich sich stellend), wenn es beweglich gemacht wird (ein Magnet ohne alles Eisen). Dieser Umstand in Verbindung mit der Gegenseitigkeit der Wirkungen (magnetische Pole durch elektrische Ströme und elektrische Ströme durch Magnetpole erzeugt) führen unwiderstehlich zu der ersteren Behauptung.— Zur Erklärung der Elektricität pflegte man wohl besondere unwägbare Elektricitätsstoffe anzunehmen, sei es einen, oder gewöhnlich zwei solche „elektrische Fluida", die im unelektrischen Zustand verbunden, im elektrischen getrennt seien (etwa nach Art zweier entgegengesetzter chemischer Stoffe); ebenso verfuhr man auch zur Umschreibung der magnetischen Thatsachen. Daß in Unwägbarem die Ursache zu suchen ist, geht daraus hervor, daß weder Magnetisirung noch Elektrisirung (sei es ruhende, gespannte, oder strömende Elektricität) Gewichtsunterschiede hervorbringt, sowenig als Erwärmung; allein anstatt besondere Elektricitäts- und Magnetstoffe anzunehmen, wird die gemeinschaftliche Ursache beider, sowie von Wärme und Licht, die auch so häufig damit vergesellschaftet sind (und, wenigstens erstere, mit der Elektricität in Wechselwirkung stehen, vgl. VIII, 7), in dem Einen unwägbaren Stoff der neueren Physik, dem Weltäther, zu suchen sein, der in jedem Körper dessen Atomenbau sich anschmiegt, und daher wohl auch bei inniger Berührung verschiedener Körper specifische Veränderungen erleiden mag, welche sich dann durch die elektrische Polarität kund geben.

14. Die Atmosphäre der Erde hat stets eine Ladung von, und zwar von positiver Elektricität; ihre Entladung im Gewitter (gewöhnlich zwischen der Erde und einer Wetterwolke) hat man sich nach Art des gewöhnlichen elektrischen Funkens zu denken (z. B. zwischen den beiden Flaschenbelegen IX, 8).

Von dem Vorhandensein der positiven Luftelektricität, zumal bei vollkommener Heiterkeit, sowie von den Wechseln der Ladung nach Tages- und Jahreszeiten überzeugt man sich durch Elektrometer, die mit hoch in die Luft ragenden Spitzen (z. B. Blitzableitern) in Verbindung stehen. — Ueber die Ursache dieser elektrischen Ladung ist man noch keineswegs im Klaren, sofern über die „Verdunstungselektricität", worin man gewöhnlich die Ursache sucht, noch keine entscheidenden Versuche vorliegen. — Befriedigendere Auskunft kann man über das Gewitter geben, dessen elektrische Natur im vorigen Jahrhundert zuerst von Franklin, Erfinder des Blitzableiters, erkannt wurde. Beim Niederschlag des atmosphärischen Wasserdampfs zu Wolken sammelt sich auf diesen Leitern die Luftelektricität und entladet sich entweder (ohne daß es zu beträchtlicher Spannung kommt) wieder allmälig und still in Regen, Nebel, oder nimmt sie bei plötzlichem Niederschlag großer Dampfmassen eine bedeutende Spannung in einer solchen „Gewitterwolke" an, wodurch der darunter befindliche Erdboden in entsprechendem Grad negativelektrisch wird (IX, 7), so daß es zur gewaltsamen Entladung durch die trennende Luftschicht hindurch kommen kann (IX, 8); dieß ist der Blitz, der damit verbundene Knall, der Donner, ist in der Nähe gehört nur gradweise vom Knall des Flaschenfunkens verschieden, aus der Ferne aber vermöge mannigfaltiger Wiederhalle (VII, 10) ganz anders. — Elektrische Lichterscheinungen nach Art des Ausstrahlens (IX, 8) bieten sich in manchem nächtlichen Wetterleuchten (wenn nämlich ein Gewölk längere Zeit leuchtend wird, manches andere mag nur ein sehr entferntes Gewitter sein), in dem nächtlichen Leuchten von Spitzen hoher Gegenstände (St. Elmsfeuer), vielleicht auch im Polarlicht (IX, 17) dar. — Das Blitzen zwischen zwei Wolken, obgleich ursprünglich beide einerlei Elektricität haben, erklärt sich (aus IX, 7 am Schluß), sofern die eine ungleich stärker elektrisch ist; der Rückschlag aus der Nebenentladung, die am Erdboden einen solchen Wolkenblitz begleitet (gemäß IX, 11). — Man vgl. im übrigen (XIV, 7—9) über den sonstigen meteorologischen Zusammenhang der Gewitter.

15. Die Erde ist ein magnetischer Körper, dessen Magnetpole zwar nicht mit den Drehpolen (Axenenden) zusammen, wohl aber in die Polargegenden fallen; die Vertheilung der magnetischen Kraft im Erdkörper ist, wenn nicht ganz unregelmäßig, doch sehr verwickelt.

Die wagrechte Magnetnadel stellt sich bei uns nicht in die Mittagslinie, sondern weicht von derselben ab (gegenwärtig ungefähr 18 Grad nach Westen); eine freie Nadel (d. h. die auch auf- und abwärts sich drehen kann) senkt sich zugleich mit dem Nordpol nach unten (bei uns unter einem Winkel von ungefähr 67 Grad); dieß ist die Abweichung und Neigung der Nadel (magnetische Deklination und Inklination). — Beide „magnetischen Elemente“ sind für die verschiedenen Erdorte sehr verschieden; Linien gleicher Neigung, gleicher Abweichung (Isoklinen, Isogonen). Senkrechte Stellung der Neigungsnadel bezeichnet die magnetischen Pole, wagrechte die Indifferenzlinie oder den magnetischen Aequator der Erde; dieser, die Hauptisokline, nördlich von welcher der Nordpol, südlich von welcher der Südpol der Nadel nach dem Horizont sich senkt, durchschneidet den Erdäquator in zwei Punkten westlich von Afrika und östlich von Neuguinea, die nur nahezu um 180 Grad abstehen, und biegt in Amerika südlich, in der alten Welt nördlich aus (bis zu ungefähr 15 Grad); von den beiden magnetischen Polen, durch welche alle isogonischen Linien gehen, liegt der eine nördlich von Nordamerika (in 70° nördlicher Breite und 77° westlicher Länge), der andere südlich von Ostaustralien (in 75° südlicher Breite und 170° östlicher Länge), sie sind also kaum näherungsweise Antipodenpunkte (am ersten war Roß 1831 wirklich, letzterem hat er sich 10 Jahre darauf sehr genähert). Die Hauptisogone ist diejenige, längs deren die Nadel die genaue Südnordrichtung annimmt; oder die Linie ohne Abweichung, welche durch die beiden Erdpole und die beiden Magnetpole geht, die Erdoberfläche in zwei sehr ungleiche Theile theilend, so daß im kleineren, dem Gebiet des atlantischen Oceans (Ostamerika, Europa, Afrika, Westaustralien) westliche, im anderen größeren, dem Gebiet des großen Oceans (Asien, Australien, Westamerika) östliche Abweichung statt findet, aber mit Ausschluß eines ovalen Raums im äußersten Osten Asiens, innerhalb dessen die Abweichung wieder westlich ist, und an dessen Gränze ebenfalls keine Abweichung stattfindet. — Die Stärke der magnetischen Kraft der Erde untersucht man durch die Schnelligkeit der Schwingungen, mit denen eine Magnetnadel in ihre Stellung zurückkehrt, nachdem sie daraus entfernt worden ist (gemäß dem Gesetz der Pendelschwingungen II, 9); sie ist verschieden an verschiedenen Orten, so daß sie vom magnetischen Aequator nach den Polen im Allgemeinen zunimmt (aber ohne weder hier am stärksten, noch dort am schwächsten zu sein, wie es scheint), wobei sie

sich mehr als verdoppelt (ganz anders als die Schwere IV, 6); die Linien gleicher Stärke (Isodynamen, ebenfalls wellenförmig wie die Isogonen). – Man hat Schätzungen über die magnetische Kraft der ganzen Erde angestellt und gefunden, daß etwa 8464 Trillionen einpfündiger Magnete mit gleich gerichteten Axen erforderlich wären, um die magnetische Kraft der Erde im äußeren Raum zu ersetzen, und daß daher, wofern sie gleichförmig durch den ganzen Erdkörper vertheilt wäre, auf je $3^3/_8$ Kubikfuß der Erde einer jener Magnete käme, mithin im Inneren stärkere Magnetisirung statt finden müßte, wenn die Erde ein eigentlicher Magnet ist. — Allein der „magnetische Erdkern“ ist nicht die einzigmögliche Erklärung des Erdmagnetismus (vgl. XII, 2); die Erde könnte ein Elektromagnet (IX, 12) oder gar ein Solenoid (IX, 13) sein, in Folge ostwestlicher, besonders thermoelektrischer Ströme (was gut zu den periodischen Aenderungen IX, 16 passen würde). Jedenfalls haben die natürlichen Magnete (Magneteisenstein) ihre Kraft durch Mittheilung (IX, 2) von dem Erdmagneten, wie denn auch Stahlstäbe magnetisch werden, welche längere Zeit in Richtung der Neigungsnadel sich befunden haben. — Die wieder aufgegebene Ansicht vom irdischen Doppelmagneten mit zwei nördlichen und zwei südlichen Polen, die zugleich Kältepole seien (XIII, 9).

16. In dem magnetischen Zustand der Erde gehen fortwährend theils regelmäßige, theils regellose, sowie theils langsame stetige, theils zeitweise barsche Veränderungen vor.

Die „magnetischen Elemente“ (Abweichung, Neigung, sowie Kraftstärke) bleiben sich nicht gleich an einem Erdort; seit 30 Jahren nimmt bei uns die westliche Abweichung ab, und vor Jahrhunderten war sie östlich, ebenso ändert sich die Neigung; daher ist überhaupt das System der magnetischen Linien (IX, 15) in fortwährender langsamer Veränderung begriffen (Wanderung der Magnetpole); wenn es aber auch sehr wahrscheinlich ist, daß diese sekuläre Aenderung ebenfalls periodisch ist, so ist die große magnetische Periode selbst noch Geheimniß, und um so mehr ihre Ursache. — Dagegen gibt es bekannte periodische Veränderungen des Nadelstandes im Tag und im Jahr (bei uns jeden Morgen östlichster, bald nach Mittag westlichster Stand und im Sommer sind diese täglichen regelmäßigen Veränderungen stärker als im Winter); dieselben hängen wahrscheinlich mit der

äußeren Erdwärme, also mit dem Sonnenstand zusammen. — Dazu kommen die barschen und regellosen Aenderungen, manchmal in einer länger anhaltenden Unruhe der Nadel bestehend; in neueren Zeiten sind solche gleichzeitig an sehr entlegenen Orten wahrgenommen worden, erstmals bei einem Nordlicht zu Paris und Kasan; außerordentliche Veränderungen im magnetischen Zustand der Erde („magnetische Ungewitter“, aber noch ebensosehr Räthsel wie die „sekuläre Veränderung“).

17. Das Polarlicht ist eine elektrische Lichterscheinung in der Atmosphäre, welche häufig die außerordentlichen Störungen (XI, 16) im magnetischen Zustand die Erde begleitet.

Durch die Magnetnadel ist der Zusammenhang des Nordlichts mit dem Erdmagnetismus außer Zweifel gesetzt, es verräth sich nämlich selbst in Gegenden, wo es nicht mehr sichtbar ist, durch außerordentliche Schwankungen der Nadel; da aber nicht jede solche Unruhe der Nadel mit einem Polarlicht verbunden ist, und da, wenn es eintritt, die Unruhe der Nadel ihm einige Zeit vorangeht, so wird man zu der Ansicht geführt, daß das Polarlicht nicht sowohl die Ursache von der durch die Nadel angezeigten Störung im magnetischen Zustand der Erde ist, vielmehr, sowie die Unruhe der Nadel, eine Folge von dem „gestörten magnetischen Gleichgewicht“, das sich durch eine elektrische Entladung herstellt, welche bei gesteigerter Heftigkeit mit der Lichtentwicklung begleitet ist. — So wenig man indeß eine ähnliche Entladungsursache durch physikalische Versuche nachweisen kann, so wenig ist man über die eigentliche Natur dieser elektrischen Lichterscheinung im Klaren; sie erstreckt sich bis in die höheren Regionen der Atmosphäre, übrigens meistens innerhalb der Wolkenregion begriffen, und scheint mit den hochgehenden und feinen Flockenwölkchen (Cirren) in Zusammenhang zu stehen, sofern der Rückstand der Erscheinung als ein solches weißes gefiedertes Gewölk sich darstellt; ob also zunächst solche Cirren leuchtend werden? und ob man sich die Entladung nach Art des Ausstrahlens (IX, 8) der Elektricität zu denken hat (womit die Erscheinung wirklich am meisten Aehnlichkeit hat)?

18. Von kosmischen Polarwirkungen ist noch wenig, aber doch entschiedenes bekannt; denn wenn auch der Einfluß des Monds auf die Magnetnadel noch unsicher ist,

so gehen doch zwischen Sonne und Kometen Polarwirkungen nach Art der elektrischen vor.

Man will ungemein kleine Ablenkungen der Magnetnadel beobachtet haben, deren Ursache im Mond zu suchen sei, sofern der Nordpol einer Nadel ein Bestreben zeige von derjenigen Seite des Meridians sich wegzuwenden, wo zur Zeit der Mond steht, und sofern die begleitenden Schwingungen länger dauern zur Zeit der Erdferne des Monds als zur Zeit seiner Erdnähe; woraus denn folgen würde, „daß der Mond ein der magnetischen Kraft unterworfener Körper sei, und daß auf der Seite, welche er der Erde zukehrt, derjenige Magnetismus vorherrsche, welcher den Südpol unserer Nadeln anzieht, und bei uns die magnetische Kraft der Erde verstärkt.“ — Bei der letzten Erscheinung des Halleyschen Kometen (1835) hat Bessel fächerartige Ausströmungen vom Kometenkern aus gegen die Sonne hin (verschieden von den meist sonnenabgekehrten Schweifentwicklungen) nebst periodischen Bewegungen (Schwingungen) um die Richtung zur Sonne beobachtet, welche auf eine mit der Annäherung zur Sonne mehr und mehr hervortretende Polarkraft schließen, durch welche Kraft auch die mannigfaltigen Schweifentwicklungen, überhaupt die sämmtlichen Abartungen und Veränderungen der Kometengestalt sich erklären lassen. Nach dieser Theorie wäre der Kometennebel sonnenfeindlich, der Kern sonnenfreundlich polarisirt (daher die Kernschwingungen der Sonne zu, die Schweifentwicklung von der Sonne weg); allein das eigentliche Wesen dieser Polarkraft (ob elektrisch, magnetisch oder ganz etwas anderes) ist noch ebensosehr räthselhaft, als die eigenthümliche Natur des Kometenstoffs (verschieden von allen irdischen Stoffen, denn nicht nur die Nebelhüllen und Schweife, sondern selbst die Kerne sind durchscheinend und brechen das Licht nicht).

X. Die irdischen Grundstoffe und die chemische Verwandtschaft.

1. Man kennt eine beträchtliche Anzahl Stoffe (bis jetzt 62), welche die chemische Kunst bisher weder zu zerlegen noch zu verwandeln im Stande war. Es sind die einfachen Metalle nebst einigen anderen Stoffen, welche bei großer Verschiedenheit untereinander nur ihre nichtmetallische Natur gemein haben (die sogenannten Metalloide).

Zu den Metalloiden zählt man ganz entschieden Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Chlor, Fluor, Brom, Jod, Schwefel und Phosphor; meist fügt man noch Selen, Bor und Silicium (Kiesel) hinzu, manchmal auch Tellur und Arsen (oder Arsenik). Dieß zeigt schon, daß die Unterscheidung nicht scharf, und die Gränze zwischen den Metalloiden und Metallen nicht einschneidend und bestimmt ist; in der That zeigen mehrere entschieden nicht metallische Elemente in ihrem chemischen Verhalten mit entschiedener metallischen große Aehnlichkeit und bilden eine Reihenfolge, in welcher sie sich allmälig sozusagen der metallischen Natur nähern, so Schwefel, Selen, Phosphor mit Tellur, Arsen und Antimon, Bor und Silicium mit einer ganzen Gruppe, worunter zuletzt Chrom; übrigens nannte man ehedem alle diese Metalle Halbmetalle oder metallartige Stoffe, um ihre Uebergangsnatur hervorzuheben (man vgl. über die natürlichen Gruppen der irdischen Grundstoffe X, 9). — Es versteht sich, daß mit dem Namen „Elemente“ (Grundstoffe) keineswegs behauptet wird, daß sie schlechthin einfache (chemischletzte) Stoffe seien; dieß ist sogar unwahrscheinlich, theils wegen ihrer chemischen Aehnlichkeit, wornach manche darunter entschiedene größere und kleinere Gruppen bilden, theils auch weil man zusammengesetzte Stoffe kennt, welche sich chemisch wie manche der seinsollenden Elemente verhalten (Cyangas, Ammonmetall). — Die altersherbekannten Metalle sind nur die sieben: Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Blei, Eisen und Quecksilber, dazu unter den Nichtmetallen Schwefel und Kohle (übrigens wurde das eigentliche Wesen des Kohlenstoffs erst im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts zur Zeit der großen chemischen Epoche erkannt, welche die Entdeckung von Sauerstoff Stickstoff und Wasserstoff oder die Zusammensetzung von Luft und Wasser bezeichnet); vor der gedachten Epoche seit dem sechzehnten Jahrhundert waren noch entdeckt worden der Phospor und von den Metallen: Antimon, Wismuth, Zink, Arsen, Kobalt, Nickel, Platina; seitdem (und zwar bis zur Entdeckung der leichten Metalle durch die galvanische Elektricität zu Anfang unseres Jahrhunderts) außer Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff das Chlor und die Metalle: Mangan, Wolfram, Tellur, Molybdän, Titan, Uran, Chrom, Tantal, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Cerium; alle übrigen seit 1807, eröffnet durch die Metalle Kalium, Natrium, Barium, Strontium, Calcium, sofort Cadmium, Lithium, Alumium, Yttrium, Beryllium, Magnesium, Thorium, Zirkonium und Va-

nadium, nebst Silicium, Bor, Selen, Jod, Brom, Fluor (übrigens noch nicht isolirt); wozu im letzten Jahrzehent noch Lanthan, Novium, Didymium, Erbium, Terbium, Ruthenium, Niobium, Pelopium kamen.

2. Ein und derselbe Stoff (sei er einfach oder zusammengesetzt) ist ohne Veränderung seiner wesentlichen chemischen Eigenschaften mannigfaltiger Atomzustände mit sehr verschiedenartigem Aussehen fähig, nicht nur des starren, flüssigen und gasigen (VIII, 1), sondern auch wieder verschiedener innerhalb des starren, worunter der krystallische als specifisch den übrigen gegenübersteht, weil er eine innere Beziehung zu dem chemischen Verhalten der Stoffe hat.

Auffallende Beispiele unter den Elementen: Schwefel, Kohle. — Die verschiedenen Merkmale starrer Körper, welche sich auf ihren Atomzustand und Zusammenhalt beziehen: Elasticität, Sprödigkeit, Zähigkeit, Dehnbarkeit u. s. w.; Grade der Festigkeit, der Härte, der Starrheit selbst (der halbstarre und halbflüssige Zustand). — Wesentliche Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase (II, 11. 17); Bedingungen der Ueberführung aus dem einen dieser Aggregat- oder Atomzustände in den anderen (VIII, 1); das Weichwerden vor der Verflüssigung eine besondere Eigenschaft mancher fester Körper (Glas, Eisen). — Verschiedenes Verhalten der Starrkörper zur Auflösung in Flüssigkeiten (unauflösbare Stoffe), sowie der Starkörper und Flüssikeiten zur Verschluckung der Gase; Sättigungszustand in beiden Fällen; übrigens bilden diese Hergänge Uebergänge zum chemischen Proceß (vgl. X, 3) von den blosen Zustandsänderungen. — Mit dem Erstarrungshergang ist Krystallisation verbunden, wenn er langsam und stetig von statten geht, sei es durch allmäliges Erkalten oder durch Verdunsten einer auflösenden Flüssigkeit, daher Schmelzbarkeit oder Auflösbarkeit Bedingung der Krystallisationsfähigkeit; dabei manchmal Spuren von Elektricität (IX, 5). — Das Wesen des krystallischen Baus besteht in der Anlagerung der Atome nach geradlinigen Kanten und ebenen Flächen, wobei gewisse Hauptrichtungen, die Krystallaxen, sich herausstellen; nach verschiedenen Richtungen ist Zusammenhalt, Elasticität und Ausdehnsamkeit der Krystalle im Allgemeinen verschieden (Spaltbarkeit nach gewissen Richtungen, Blätterdurchgang). Die unendlich mannigfaltigen Krystallformen, welche Mineralien und künstliche Krystalle darbieten,

lassen sich auf wenige Grundformen zurückführen, nach welchen ebensoviele Krystallsysteme unterschieden werden, z. B. das gleichaxige oder reguläre, das vieraxige oder rhomboedrische. — Grundgesetz, daß bestimmten Stoffen und bestimmten Zusammensetzungen bestimmte Krystallformen zukommen; dabei Dimorphie, wenn ein und derselbe Stoff nach verschiedenen (eigentlich unverträglichen) Grundformen krystallisirt; sowie Isomorphie, wenn verschiedene Stoffe, aber von ähnlicher Zusammensetzung, die nämliche besondere Krystallform (d. h. innerhalb eines Systems) annehmen.

3. Die chemische Verwandtschaft zweier Stoffe, d. h. ihr Bestreben sich zu einem dritten Stoff zu verbinden, ist um so größer, je entgegengesetztere Eigenschaften jene Stoffe haben, und beiden um so unähnlicher ist auch der entstehende Stoff, in welchem sich eben der chemische Gegensatz mehr oder weniger ausgleicht (neutralisirt). Je ähnlicher dagegen zwei Stoffe, desto gleichgiltiger sind sie gegen einander, desto ähnlicher ist ihnen der neue Stoff, wenn sie sich überhaupt verbinden, desto mehr kommt eine solche Verbindung auf ein Gemenge zurück.

Der erste dieser Fälle bildet die chemischen Verbindungen im vorzugsweisen Sinn, wobei man mehrere Ordnungen unterscheidet; die erste begreift die Verbindungen zweier Grundstoffe, die zweite die Verbindungen von zwei Verbindungen der ersten Ordnung u. s. w. Da nun die chemische Verbindung zweier Stoffe in einer (beziehungsweisen) Ausgleichung des chemischen Gegensatzes besteht, so nimmt dieser und damit die Verwandtschaft ab, je zusammengesetzter die Stoffe werden, oder die Verbindungen werden, je zusammengesetzter, um so „neutraler" (neutral heißt nämlich ein Stoff, welcher weder der einen noch der anderen Seite des chemischen Gegensatzes angehört). — Die Verbindungen erster Ordnung sind daher meist noch Stoffe des Gegensatzes, d. h. entweder Säuren oder Basen, deren entschiedenste Laugen (Alkalien) heißen, doch kommen auch Ausgleichungen vor (wie Wasser, Kochsalz oder Chlornatrium). Die Verbindungen zweiter Ordnung heißen wohl im Allgemeinen Salze, und es verhält sich mit ihnen gerade umgekehrt wie bei der vorigen Ordnung, d. h. sie sind meistens neutrale Stoffe, und nur gewissermaßen ausnahmsweise ergeben sich saure oder basische Salze, wo der Gegensatz noch nicht ausgeglichen ist (wie Pottasche), und die sich sofort

zu neutralen Doppelsalzen verbinden (wie manche Kieselsalze), Verbindungen dritter Ordnung. — Beispiele für den zweiten Fall sind Säuremischungen, was wieder Säuren, Metallegirungen, was wieder Metalle sind (zusammengesetzte Metalle wie Messing), und es ist oft wirklich eine Frage, ob etwas als blose Mischung oder als eigentliche chemische Verbindung anzusehen sei (häufig durch die Gesetze X, 4 entscheidbar), indem überhaupt ein allmäliger Uebergang von Mischungen und Auflösungen zu Verbindungen stattfindet. — Der chemische Gegensatz selbst ist übrigens kein einfacher, wie der elektrische, und die chemische Verwandtschaft kommt ebensowenig auf ein so einfaches Verhältniß wie das der beiden Elektricitäten zurück; es sind vielmehr specifische Verwandtschaften, die sich nicht wohl in eine einzige Spannungsreihe nach Art der elektrischen bringen lassen (vgl. IX, 6 und X, 9), und in ihrer Aeußerung an mannigfache anderweite Bedingungen gebunden; die einfache und die doppelte Wahlverwandtschaft.

4. Während eine gemengartige Verbindung zweier Stoffe in den verschiedensten Massenverhältnissen erfolgen kann: erfolgt eine eigentliche (gegensatzausgleichende) chemische Verbindung nur in bestimmten Massenverhältnissen, entweder blos in einem einzigen oder wohl auch häufig in mehreren. Im letzteren Fall sind alsdann die Verhältnißzahlen der verschiedenen Mengen, in denen der eine Stoff mit dem anderen sich verbindet, Vielfache der niedrigsten. Auch sind die Verhältnißzahlen, die einem Stoff in der Verbindung mit mehreren anderen Stoffen zukommen, entweder einander gleich, oder Vielfache von einander.

Die Verbindungen des Sauerstoffs, welche überhaupt die zahlreichsten und mannigfaltigsten sind, führen besondere Namen, sie heißen nämlich Säuren schlechtweg, wenn es Säuren sind, Oxyde, wenn sie basisch sind; verschiedene „Oxydationsstufen" eines und desselben Stoffs heißen alsdann: Uebersäure, Säure, Untersäure, Säurige, Untersäurige; Ueberoxyd, Oxyd, Oxydul, Unteroxyd (z. B. Manganoxydul, Manganoxyd, Manganüberoxyd, Mangansäure, Uebermangansäure; desgleichen Schwefelsäure, Unterschwefelsäure, schweflige Säure, unterschweflige Säure). — Beispiel für obige Gesetze: Sauerstoff verbindet sich mit dem Wasserstoff zu Wasser in dem Verhältniß von 100 : 12,48 dem Gewicht nach, mit Schwefel zu Schwefelsäure in dem Gewichtsverhältniß

300: 201,2, Wasserstoff mit Schwefel zu Schwefelwasserstoffsäure im Verhältniß 12,48 : 201,2, und die Verhältnißzahlen des Sauerstoffs in den vier Oxydationsstufen des Schwefels sind von der niedrigsten an 100, 200, 250, 300 d. h. Vielfache (das 2fache $^1/_2$fache, 3fache) von 100. Daher heißen die Zahlen 100, 12,48 und 201,2 die chemischen Verhältnißzahlen oder Mischungsgewichte (Atomgewichte, Aequivalente) der drei Stoffe Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel. — Diese Zahlen stehen in keinen einfachen Verhältnissen zu einander, sie bieten aber einfache Verhältnisse dem Maß (Volum) nach dar, wenn man die Stoffe in gasförmigem Zustand vergleicht (wo dieß möglich), indem dann die specifischen Gewichte dieser Gase sich verhalten wie die chemischen Mischungsgewichte (sowie auch umgekehrt wie die specifischen Wärmen VIII, 4). Es findet sich dann z. B., daß 2 Maß Wasserstoffgas mit 1 Maß Sauerstoffgas 2 Maß Wassergas, 1 Maß Schwefelgas mit 6 Maß Sauerstoffgas 6 Maß schwefeligsaures Gas, und mit 9 Maß Sauerstoffgas 6 Maß Schwefelsäuregas, endlich 1 Maß Schwefelgas mit 6 Maß Wasserstoffgas 6 Maß Schwefelwasserstoffgas geben u. s. w.

5. Die Hergänge, in welchen Stoffe sich verbinden oder trennen (oder, was sehr häufig vorkommt, beides zugleich), die chemischen Processe, sind desto heftiger, je stärker die chemischen Gegensätze, also auch die Verwandtschaften der Stoffe sind; und dieß zeigt sich besonders in dem Grad der Wärmeentwicklung, welche dabei stattfindet und sich bei gehöriger Heftigkeit zu Lichtentwicklung steigert (Feuer, vergl. VII, 3 und VIII, 7); die chemische „Explosion" beruht auf jähem Entstehen oder Verschwinden von Gasen.

In den Abschnitten von Licht und Wärme mußte schon mehrfach von dem Verhältniß derselben zum chemischen Proceß die Rede sein; ohne Zweifel sind es die mit demselben verbundenen Atombewegungen, welche der Aetherwellenlehre gemäß (VII, 11, VIII, 9) die Ursache der chemischen Wärme- und Lichtentwicklung sind; manchmal mit Freiwerden von Wärme, häufig trotz Wärmebindung (VIII, 6), je nach den chemischen Produkten des Processes. — Beispiele von chemischer Wärme ohne Licht sind Verbindungen des Wassers mit „kaustischen" Stoffen, seien es Säuren (z. B. Schwefelsäure) oder Basen (z. B. Kalk); ferner die thierische Wärme, die auf einem leisen Verbren-

nungs- oder Oxydationsproceß von Kohle in den Lungen beruht (vergl. XI, 4). — Beispiele chemischer Explosionen: Knallgas, wo eine Masse von Sauerstoff- und Wasserstoffgas plötzlich zu Wasser wird, ebenso das Grubengas; dagegen Schießpulver, wo plötzlich ein Gasgemenge (Stickstoff und Kohlensäure) entsteht, ebenso die Knallmetalle (Zündhütchen).

6. Die Verwirklichung des chemischen Processes ist nicht blos durch die chemische Verwandtschaft der Stoffe (einfache Verwandtschaft oder Wahlverwandtschaft X, 3) bedingt, sondern auch durch Atomzustände und Temperatur, dergestalt im Allgemeinen, daß Feinzertheilung und Verflüssigung, sowie Erwärmung förderlich wirkt.

Die alte chemische Regel „corpora non agunt nisi fluida"; das pyrophorische Eisen ein schlagendes Beispiel vom Einfluß der Feinzertheilung. Wie, wenn auch bei großer Verwandtschaft, zwei Stoffe in starrem Zustande bei der blosen oberflächlichen Berührung nie zum chemischen Proceß kommen, so reicht auch häufig die blose Mengung zweier Gase (so innig diese ist II, 18) nicht hin. — Die chemische Wirksamkeit der Wärme ist höchst ausgedehnt (sei es ohne, sei es mit Aenderung des Zustands); so müssen alle unsere Feuer und Lichter erst angezündet werden; die meisten Gemenge sehr verwandter Gase bedürfen ebenso einer vorläufigen starken Erhitzung, um dann (häufig mit Explosion) sich zu verbinden (Knallgas). Die Erhöhung der Temperatur bewirkt übrigens bald den Verbindungs- bald den Scheidungsproceß (bei einem und demselben Metall, wie beim Quecksilber, bewirkt ein gewisser Wärmegrad Oxydirung, ein höherer Desoxydirung). — Ueberhaupt findet eine umfassende Wechselwirkung zwischen Wärme und chemischem Proceß statt; daß auch Licht als solches eigenthümliche chemische Wirkungen hat, zeigt unter anderem das Lichtbild (vgl. VII, 2). — Daß nun Aenderung des Atomzustandes nicht sowohl die chemische Verwandtschaft der Stoffe selbst ändert, vielmehr nur die Verwirklichung des Processes bedingt, ist klar, sowie daß dieß auf Vermehrung der Berührungspunkte beruht, denn im chemischen Proceß müssen sich die Körperatome durchdringen. Bei der Wärme aber könnte die Frage entstehen, ob sie auch blos sozusagen gelegenheitsmachend wirke, sei es durch ihren Einfluß auf den Zustand (VIII, 1), sei es überhaupt, weil sie eben in einer Atombewegung besteht, oder ob sie die chemische Verwandtschaft an und für sich verändere. — Wie übrigens diese

Frage zu beantworten sein mag, so kann doch nicht von einer ersten Erweckung derselben durch die Wärme oder einen sonstigen Hergang die Rede sein, vielmehr ist überhaupt anzunehmen, daß bei jeder innigen (wenn auch nur oberflächlichen) Berührung zweier nur einigermaßen chemisch entgegengesetzter Stoffe die Verwandtschaft als Bestreben vorhanden ist, obwohl es nicht zu den Atombewegungen kommen kann, in welchen der chemische Proceß selbst vorschreitet.

7. Der elektrische Strom zersetzt zusammengesetzte Leiter, durch welche er geht, in ihre chemischen Bestandtheile, wobei sich gewisse Stoffe (wie Sauerstoff, Säuren) stets an den positiven, andere dagegen (wie Wasserstoff, Basen) stets an den negativen Pol der elektrischen Kette (IX, 9) begeben, weßhalb beziehungsweise jene elektronegative, diese elektropositive Stoffe heißen, der Hergang aber der elektrochemische Zersetzungsproceß.

Die Wasserzersetzung an den Polen der Säule, die erste Wahrnehmung der Art, worauf die berühmte Zerlegung der bisher für Elemente gehaltenen Laugen und Erden mittelst der Säule durch Davy folgte, sammt Entdeckung neuer Metalle von ganz anderer Art als die bisherigen (X, 1. 9). Wie sich Sauerstoff und Wasserstoff oder Metall bei der Zersetzung jener Verbindungen erster Ordnung verhalten, so verhalten sich bei der Zersetzung von Verbindungen zweiter Ordnung (der Salze) Säuren und Basen. — Was nun außerhalb der Säule mit dem Wasser in der „Zersetzungszelle“ zwischen den Poldrähten vorgeht, das findet auch in der hygroelektrischen Säule (IX, 9) selbst mit der Flüssigkeit zwischen den Polen der einzelnen Elemente statt, so daß also Sauerstoff an das positive Metall (Zink) sich begibt, dasselbe oxydirend, und Wasserstoff an das negative Metall (Kupfer, Platina). Dieß ist aber nur der eine von den chemischen Prozessen, welcher die Elektricitätserregung in den nassen Säulen begleitet; dazu kommt die Verbindung und Auflösung des Zinkoxyds zu schwefelsaurem Zink, wodurch eine metallische Zinkfläche unterhalten wird, und der zur Erhaltung der metallischen Kupferfläche bei den constanten Elementen ins Spiel gesetzte Proceß, um entweder den Wasserstoff, der sich am Kupfer absetzt, wieder zu oxydiren, oder darauf aus einer Kupfersalzlösung neues metallisches Kupfer abzuscheiden, denn sonst würde die Elek-

tricitätserregung zwischen dem Metall und der Flüssigkeit nicht fortdauren. — Faraday's „elektrolytisches“ Gesetz: wenn in einer und derselben geschlossenen Kette mehrere Zersetzungen vor sich gehen, so verhalten sich die Mengen sämmtlicher in derselben Zeit ausgeschiedenen Stoffe wie deren Atomgewichte (X, 4), oder wie man sich auch auszudrücken pflegt, ein und derselbe Strom zerlegt gleichzeitig stets gleichviel Atome (was auch der zerlegte Stoff sein mag). — Es versteht sich, daß die Benennung „elektronegative und elektropositive Stoffe“ beziehungsweise aufzufassen ist, ein und derselbe Stoff, z. B. Platina ist dem einen gegenüber positiv (z. B. dem Sauerstoff), dem anderen (z. B. dem Zink) gegenüber negativ; und wenn man bei einer elektrochemischen Zersetzung den am positiven Pol sich ausscheidenden Stoff elektronegativ nennt (sowie umgekehrt), so liegt die Ansicht zu Grund, daß die ausgeschiedenen Stoffe selbst elektrisch seien und zwar entgegengesetzt elektrisch, da immer beide Elektricitäten zugleich entstehen, weßhalb denn gemäß dem Polaritätsgesetz (IX, 6) der eine vom positiven, der andere vom negativen Pol angezogen werde, nämlich jeder von demjenigen, der ihm ungleichnamig ist. Die elektrochemische Reihenfolge der irdischen Grundstoffe (vgl. X, 9), wohl zu unterscheiden von der galvanischen Spannungsreihe der festen Leiter (IX, 6). — Nicht alle zusammengesetzten Stoffe sind durch den elektrischen Strom zersetzbar, Elektrolyten; nicht nur müssen es Leiter sein (zumal im flüssigen Zustand), sondern die Zersetzung tritt auch blos bei gewissen Mischungsverhältnissen (X, 4) ein, denjenigen nämlich, wo je auf ein Mischungsgewicht des einen Bestandtheils ein Mischungsgewicht des anderen kommt.

8. Der chemische Verbindungsprozeß wirkt elektricitätserregend, wobei der (nach X, 4) elektropositive Stoff negative, der andere positive Elektricität annimmt; diese chemische Elektricität ist als Art der galvanischen (IX, 5) anzusehen, und scheint gegenüber von der Elektricität durch blose Berührung die höhere und wirksamere Stufe zu sein.

Man hat in Folge von Verbindungen von Säuren und Laugen, von Verbrennungen (z. B. von Kohle) u. s. w. elektrische Ströme erhalten, welche die Magnetnadel ablenken, und wobei Sauerstoff und Säuren positiv sind; und daß in der chemischen Verbindung stärkere Elektricitätserregung stattfindet, als

in der blosen unchemischen Berührung, das zeigen besonders Versuche wie der mit den in Salpetersäure getauchten Platindrähten, wobei keine Ablenkung der Nadel erfolgt, während dieselbe eintritt, sowie ein Tropfen Salzsäure an das Ende des einen Drahts gebracht wird, weil nunmehr hier das Chlor mit dem Platina sich verbindet, welches dabei negativ sich verhält. — Da nun auf der anderen Seite bei bloser Berührung fester Leiter schwache Elektricitätserregung statt findet, so liegt es sehr nahe die große Kraft der nassen Säulen den darin vorgehenden Oxydationen zuzuschreiben (zumal bei den konstanten Elementen, wo ein doppelter Verbindungsproceß in den beiden Zellen vorgeht, vgl. X, 7). Da ferner auch zwei sich berührende feste Leiter um so bessere Elektricitätserreger sind, je größer ihr chemischer Gegensatz, so ist man verversucht, die Elektricität durch blose Berührung ebenfalls in Verbindung mit der chemischen Verwandtschaft zu setzen, die ja bei der innigen Berührung bereits als Verbindungsbestreben vorhanden sein muß (X, 6). — So sehr aber nach Allem dem der elektrische und der chemische Gegensatz in innerem Zusammenhang und in thatsächlicher Wechselbeziehung stehen, so bleiben doch noch viele Fragen über ihr letztes Verhältniß zurück; und es scheint, als ob sich beide nicht in der Art decken, daß das eine aufs andere gänzlich sich zurückführen ließe; denn einerseits gibt es jedenfalls unchemische Elektricität; andererseits wird es schwer halten, das Specifische der chemischen Verwandschaften (X, 3) ganz auf den einfachen elektrischen Gegensatz zurückzuführen (wie denn z. B. in der elektrochemischen Reihenfolge der Elemente Chlor positiv ist dem Sauerstoff gegenüber, gleichwohl aber eine viel stärkere Wirkung selbst auf die edeln, also auf die negativsten Metalle hat, als jener).

9. Die irdischen Grundstoffe bilden einerseits nach ihrem elektrochemischen Verhalten eine Reihenfolge, in welcher Sauerstoff und Kaliummetall die äußersten Glieder sind, jener das elektronegativste, dieses das elektropositivste; andrerseits zerfallen sie nach den Hauptzügen ihres chemischen Verhaltens (d. h. nach ihren specifischen Verwandtschaften und nach ihren Verbindungsergebnissen) in eine Anzahl größerer und kleinerer Gruppen, die dem chemischen Mineralsystem zu Grunde liegen, wobei Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff vereinzelt stehen, die Mehrzahl der Metalle aber wieder in drei große Familien sich sammeln, Halbmetalle,

schwere Metalle (Metalle schlechtweg) und leichte Metalle (die Elemente der Erden und Laugen).

Die vollständige elektrochemische Reihenfolge der Elemente (vgl. X, 7) wird gewöhnlich so angegeben, wobei aber zu bemerken, daß die Stellung keineswegs bei allen auf unmittelbaren Versuchen beruht, und viele nur nach Aehnlichkeit in ihrem chemischen Verhalten eingeschaltet sind: (–) Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Stickstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Phosphor, Arsenik, Kohle, Chrom, Molybdän, Bor, Vanadin Wolfram, Antimon, Tantal, Titan, Kiesel, Osmium, Gold, Iridium, Rhodium, Platina, Palladium, Quecksilber, Silber, Kupfer, Uran, Wismuth, Blei, Zinn, Cerium, Lanthan, Yttrium, Kobalt, Nickel, Eisen, Kadmium, Zink, Wasserstoff, Mangan, Zirkonium, Alumium, Thorium, Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium, Barium, Lithium, Natrium, Kalium (+); die neuest entdeckten (X, 1) fehlen noch. — Daß sie das specifische der chemischen Verwandtschaften keineswegs erschöpft, ist schon bemerkt (X, 8), aber man kann der besonderen chemischen Gruppirung die allgemeine Eintheilung in eine linke (elektronegative) und eine rechte (elektropositive) Seite zu Grunde legen. Dann gehört auf die Linke: Sauerstoff, die Chlorgruppe (Fluor, Chlor, Brom, Jod) und Stickstoff, die Schwefel- (Schwefel, Selen, Tellur), die ähnliche Phosphor-Gruppe (Phosphor, Arsen, Antimon) und Kohlenstoff; die Kiesel- (Bor, Kiesel, Tantal, Titan) und Chromgruppe (Vanadin, Wolfram, Molybdän, Chrom), zusammen die Halbmetalle (wozu auch Pelopium und Niobium) bildend. Auf die rechte Seite aber gehören die schweren und leichten Metalle sammt Wasserstoff. Die schweren wieder 1) edle, nämlich die Platinagruppe (Platina, Palladium, Iridium, Rhodium, Osmium und Ruthenium), Gold, Silber und das flüssige Metall Quecksilber; 2) unedle, nämlich Kupfer, Uran, Wismuth, Blei und Zinn; die Eisengruppe (Eisen, Nickel, Kobalt), Mangan und Cergruppe (Cer, Lanthan, Novium, Didymium), die Zinkgruppe (Zink, Kadmium). Die leichten Metalle aber, oder die der Erden und Laugen, jene die Thongruppe (Thorium, Zirkonium, Yttrium, Beryllium, Alumium sammt Erbium und Terbium) und das Metall der Talkerde (Magnesium) umfassend; diese wieder 1) die Metalle der laugenhaften Erden oder die Kalkgruppe (Barium, Strontium Calcium) und 2) die der Laugen oder die Kaligruppe (Lithium, Natrium, Kalium). — Das chemische Mineralsystem theilt die Mineralien nach den Elementen ein, welche als ihre Grundlagen

zu betrachten sind, d. h. im Allgemeinen ihren elektropositiveren Bestandtheilen (z. B. Kieselmineralien, Eisenmineralien, Kalkmineralien), während die elektronegativen die Unterabtheilungen bilden (z. B. kohlensaure, schwefelsaure Kalke unter den Kalkmineralien).

10. Die wenigsten Grundstoffe kommen frei in der Natur als mineralische Stoffe vor, viele erst in Verbindungen zweiter oder gar dritter Ordnung; auch spielen nur verhältnißmäßig wenige eine mineralbildende Rolle im Großen, indem sie zur Zusammensetzung der Erdrinde, der Lufthülle und der Gewässer beitragen.

Die gediegenen Elemente der Erdoberfläche sind meistens Produkte von Ausscheidungsprocessen (wie Schwefel, Eisen), und solche, welche auf Dauer im gediegenen Zustand sich erhalten, sind hauptsächlich nur Kohle und edle Metalle; auch Sauerstoff und Stickstoff (weil als bloses „Gemeng" die Lufthülle der Erde bildend) gehören hieher (der ungeheure Vorrath und die Mengung mit dem chemisch trägen Stickstoff erhält den so regsamen Sauerstoff, zudem daß er durch organische Processe sich fortwährend wieder erzeugt (XI, 5). — Der verbreitetste Stoff unter allen ist ohne Zweifel der Sauerstoff, der mit Stickstoff die Luft, mit Wasserstoff das Wasser bildet, und fast in keinem der größeren Gebilde der festen Erdrinde fehlt; bei den Gewässern kommt ferner noch Chlor und Natronmetall (wegen des Salzes) in Betracht; die hauptsächlichsten „Grundlagen" der Gesteine, welche in großen Massen in der Erdkruste auftreten, sind Kiesel-, Thon- und Kalk- Metall, in Verbindungen mit Sauerstoff, Kohle, Wasserstoff (wegen des Alles durchdringenden Wassers) und Kalimetall; dazu kommen in zweiter Linie Kohle (wegen der Steinkohle), Schwefel, Eisen, Talkmetall. — Die Schwermetalle (höchstens Eisen ausgenommen) sind nur untergeordnete Bestandtheile der Erdrinde, manche darunter (voran das Eisen) mögen aber im Erdkern eine um so bedeutendere Rolle spielen (vgl. II, 10), von wo sie in die aus den leichteren Stoffen gebaute Erdrinde nur in zerstreuten Gängen und Lagern versprengt worden sind. — Ohne Zweifel sind aber auch viele unserer Elemente überhaupt nur spärlich vorhanden, nur wie „Begleiter" der übrigen, so z. B. alle Halbmetalle, außer dem Kiesel, alle leichten Metalle außer den vorhin erwähnten (denen von Kali, Natron, Kalk, Talk, Thon), sowie ferner Brom und Jod, Selen, Tellur, Arsen und Antimon,

endlich auch mehrere der Schwermetalle (diejenigen nämlich, welche wiederum den übrigen gegenüber nur sehr spärlich und vereinzelt vorkommen).

11. Zur Bildung der organischen Welt tragen noch weniger Grundstoffe bei, ja in der Zusammensetzung der sogenannten näheren Bestandtheile der Pflanzen und Thiere treten hauptsächlich nur die vier Stoffe, Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff auf, und zwar so, daß neben den drei anderen der Stickstoff wiederum in den thierischen Stoffen mehr vorkommt, als in den pflanzlichen. Unter dem Walten der organischen Kräfte aber verbinden sich die Stoffe unter eigenthümlichen Atomverhältnissen nnd Processen.

Man kann die Grundstoffe nach ihrem Verhältniß zur organischen Welt in drei Klassen bringen, die ganz fremden (wohin besonders viele der Metalle im engeren Sinn gehören), die nur beigezogenen (namentlich solche, welche in der unorganischen Welt massenhaft auftreten, wie Eisen, Kalk, Kiesel u. a.), und die vorzugsweise organischen Elemente, woraus die näheren Bestandtheile zusammengesetzt sind, die Grundlagen der organischen Gewebe (die obigen vier nebst Phosphor und Schwefel in einigen mehr als vierelementigen Verbindungen). — Einige dieser „organischen Stoffe" (z. B. die flüchtigen Oele) enthalten blos zwei Elemente (Kohlenstoff und Wasserstoff); die Mehrzahl (wie Stärke, Zucker, Fett) sind dreielementig (indem zu den vorigen noch Sauerstoff kommt); eine große Anzahl ist vierelementig (die stickstoffhaltigen, wohin die meisten thierischen Stoffe); nur wenige enthalten fünf oder sechs Elemente (indem zu den vorigen noch etwas Schwefel oder Schwefel und Phosphor kommt, wie im Eiweiß, Käsestoff). — Außerdem verwenden die Pflanzen noch die Metalle der Kieselerde, des Kalis, Natrons, Kalks, Talks, Thons, Eisen und Mangan, alle an Sauerstoff gebunden, einige (nämlich Kalium, Natrium und Magnesium) auch an Chlor und (in Meerespflanzen) an Jod; in der Thierwelt treten Erden und Laugen sehr zurück außer der Kalkerde; diese sowie Eisenoxyd, nebst dem schon genannten Phosphor und Schwefel sind in dem menschlichen Organismus selbst die hauptsächlichsten unter den beigezogenen Stoffen. — Verwickelte Atomverhältnisse der organischen Verbindungen (Isomörie; die zusammengesetzten organischen „Radi-

kale" u. s. w.); über die eigenthümlichen chemischen Processe im lebenden wie im todten Organismus ist der nächste Abschnitt zu vergleichen.

XI. Die irdischen Organismen und der organische Stoffumsatz.

1. Jedem Körper, welcher Stoffe aus seiner Umgebung aufnimmt, welche er verwandelt und sich verähnlicht, während er andere ausstößt, schreibt man Leben, Organismus zu; der Ursprung des Pflanzen-, sowie des Thierlebens ist gänzlich unbekannt, und der thierische Körper unterscheidet sich vom pflanzlichen (außer der abweichenden Zusammensetzung aus den Elementen X, 11) zunächst nur durch die selbständige Ortsveränderung, deren er fähig ist.

Durch jene eigenthümlichen Bildungen erhält sich nicht nur der einzelne Organismus selbst, sondern erzielt auch Keime zu neuen Wesen derselben Art. Daß aber der angegebene Bildungshergang das oberste allgemeine Merkmal des Lebendigen oder Organischen ist, erhellt bei Betrachtung der niedrigsten Wesen beider Reiche, die nichts als Zellen und Kanäle sind, in welchen ein solcher Hergang statt findet (Algen, Infusorien); beide gleich unentwickelt zwar, aber doch wesentlich verschieden durch die „freie Lokomotion" des Thierleibs; der Name Zoophyten (Pflanzenthiere), für eine der niedrigsten Thierklassen, zeigt sprechend, wie wenig in denselben noch das eigenthümlich Thierische hervortritt, und weßhalb man nach allgemeinen Unterscheidungsmerkmalen fragen kann, was hinsichtlich der höheren Thierklassen, wo das gesammte Nervenleben entwickelt hervortritt, als überflüssig erscheinen könnte. — Die Provinzen (und weiterhin Klassen, Ordnungen u. s. w.) beider Reiche, eine Stufenfolge organischer Entwicklung darbietend, die sich im Menschen abschließt; im Pflanzenreich tritt die Abstufung weniger hervor, und das natürliche System hat mehr Schwierigkeit, als im Thierreich; die Akotylen (Kryptogamen) zwar bilden entschieden die unterste Provinz, allein schon das Verhältniß der Monokotylen und Dikotylen ist zweifelhaft, da zu jenen z. B. die

Palmen gehören, zu diesen aber manches unbedeutende Blümchen; die wirbellosen Thiere und Wirbelthiere, jene wieder Massenthiere und Gliederthiere. — Nicht nur die letzten einfachen Organe, aus denen zunächst die organischen „Gewebe", und weiterhin die zusammengesetzten eigentlichen Organe der Lebwesen bestehen, gleichsam die „organischen Atome", sondern auch viele eigentliche oder fertige Organe, ja ganze Leiber (besonders Thierleiber) sind nur dem Vergrößerungsglas zugänglich (die mikroskopische Welt). — Die sogenannte Lebenskraft ist nur ein Name, um die unbekannte Ursache jener Bildungshergänge zu bezeichnen, welche sich schlechterdings nicht auf die bisherigen (mechanischen und chemischen) Wirkungen zurückführen lassen.

2. Die Ernährung der Pflanzen und Thiere, worauf zuletzt die Erhaltung des Lebens auf der Erde überhaupt beruht, auf der einen und die Verwesung der einzelnen Organismen auf der anderen Seite sind wahrhaft tellurische Hergänge, welche zusammen einen beständigen Umsatz oder Kreislauf der irdischen Stoffe durch die organische Welt bilden.

In dieser Beziehung eben dürfen jene, erst in neuerer Zeit von Liebig gründlich und in ihrer umfassenden Bedeutung beleuchteten Hergänge in der „Physik der Erde" nicht fehlen. Dabei findet eine merkwürdige Wechselwirkung zwischen beiden Reichen statt, vermöge der das Thierreich zunächst auf das Pflanzenreich gegründet ist, dieses aber wiederum im jetzigen Zustand der Erde von jenem die wesentlichsten Beiträge an den Stoffen erhält, deren es bedarf, während dieselben bei den ersten Pflanzenbildungen auf der Erde (als noch keine Thierwelt verwest war) in hinreichender Menge in Luft und Wasser vorhanden waren. — Die Ernährung besteht im Allgemeinen in Verwandlung der unorganischen Stoffe in organische (die näheren Bestandtheile der Pflanzen und Thiere), die Verwesung in Auflösung oder Zersetzung der organischen Stoffe in unorganische; es sind chemische Processe von eigenthümlicher Art, die man, zumal die ersteren, nicht nur nicht nachmachen, sondern auch meistens nicht erklären kann. — Die Bildung der obersten Bodenschicht im fruchtbaren Land beruht vornehmlich auf der Verwesung der Organismen (Humusbildung); ja auch ganze Gebilde der Erdrinde in größerer und geringerer Tiefe sind

begrabene organische Welten (vgl. XVI, 14 und XVII, 3. 4). — Verwesung ist hier in dem allgemeinen Sinn genommen, als Zerstörung des Organischen überhaupt, worunter alle besonderen Zersetzungshergänge (XI, 8) begriffen sind, lauter chemische Processe, welche unter dem bloßen Walten der chemischen Verwandtschaften, sowie unter dem Einfluß von Luft oder Wasser (oder von beidem zugleich) eintreten, wenn die Stoffe nicht mehr unter der Herrschaft der Lebenskraft stehen.

3. Die Pflanzen nähren sich lediglich von unorganischen Stoffen, welche sie aber blos in flüssigem oder gasigem Zustand aufnehmen und verarbeiten, wobei gewisse Wärmegrade erforderlich sind (für manche Bildungen auch Licht).

Die unorganischen Stoffe können gar wohl organischen Ursprung haben, und so ist es in der That bei einem großen Theil der Nahrungsstoffe der Pflanzen (XI, 2. 6). Die Aufnahme der flüssigen Stoffe erfolgt vornehmlich durch die Wurzeln im Boden, die der gasigen Stoffe als solcher durch die Blätter aus der Luft; übrigens können auch Gase im Wasser absorbirt aufgenommen werden; alle mineralischen Stoffe aber, welche die Pflanzen verwenden (X, 11) kommen nur in wässeriger Auflösung in die Zellen der Pflanze. — Es läßt sich erwarten, daß die Farbenerzeugung im Pflanzenreich nicht ohne Mitwirkung des Sonnen- oder Tageslichts von statten gehe, und so ist es besonders mit der Grundfarbe des Pflanzenreichs, dem Grün (der zu Grunde liegende Stoff, das Blattgrün, bildet sich bloß unter dem Einfluß des Lichts); ebenso ist der wichtige Proceß (XI, 5) durch Licht bedingt. — Wie sehr gewisse Wärmegrade der Luft und des Erdreichs zum Vorsichgehen der verschiedenen Hauptbildungen im Pflanzenleben, Keimen und Knospen, Blühen und Befruchten, Reifen und Samenbildung erforderlich sind, ist bekannt, wie auch, daß verschiedene Pflanzen der äußeren Wärme in sehr verschiedenen Mengen und Graden bedürfen. — Unterschied der „einjährigen“ Pflanzen, deren ganzes Leben in einer einmaligen Folge jener Bildungen besteht, und der „perennirenden“ Pflanzen (der eigentlichen Holzpflanzen), wo sich der Hergang mehr oder weniger oft wiederholt mit immer neuer Ablagerung organischen Stoffs. — Die Veränderungen, welche die Pflanzen in ihren Zellen mit den aufgenommenen Stoffen vornehmen, sind

zahlreiche und eigenthümliche chemische Zersetzungen und Verbindungen; Zersetzung der zunächst dargebotenen unorganischen Stoffe, deren Elemente zum Theil wieder ausgestoßen, zum Theil zu den näheren Bestandtheilen (wie Holzfaser, Stärke, Zucker, Gummi; Pflanzeneiweis; die zahlreichen vegetabilischen Basen und Säuren) verbunden werden.

4. Die Thiere, wenn sie auch manche unorganischen Stoffe (z. B. Wasser und Luft) aufnehmen, können ohne organische Nahrung nicht bestehen; und während sie nur einen Theil der aufgenommenen Stoffe sich verähnlichen (oder zur eigentlichen Ernährung verwenden), dient ein anderer blos zur Erzeugung der thierischen Wärme.

Ebendeßhalb ist das Thierleben auf das Pflanzenleben gegründet, denn wie viele Thiergattungen auch auf andere zu ihrer Ernährung angewiesen sind, so setzt dieß die von Pflanzen ausschließlich sich nährenden Thiere, somit zuletzt auch das Vorhandensein der Pflanzen und Pflanzenstoffe voraus; beides findet bekanntlich in der höheren und niederen Thierwelt statt (Verhältniß der Insekten zum Pflanzenreich insbesondere, vermöge dessen die Entwicklung jener Thierklasse mit derjenigen der Pflanzen gleichen Schritt hält). — Die Ernährung (Assimilation) geht durch den großen Kreislauf des Bluts vor sich, dergestalt, daß alle Nahrungsstoffe zunächst ins Blut übergehen, und daß von hier aus alle Organe die erforderlichen Ersatze erhalten. Diese Stoffe nun müssen bereits die Zusammensetzung der näheren Bestandtheile des thierischen Körpers (wie der thierische Faser-, Eiweiß-, Käsestoff u. s. w.) haben, sie werden nicht erst aus den Elementen bereitet (wie von den Pflanzen ihre näheren Bestandtheile XI, 3); es müssen also stickstoff- (zum Theil auch schwefel-) haltige organische Stoffe sein, die man gewöhnlich Proteinsubstanzen nennt, und die das Fleisch der Thiere aus nächster Hand, aber auch die stickstoffhaltigen Pflanzenstoffe bieten, wie sie besonders in den Samen, sowie auch in den Wurzeln mancher Pflanzen vorhanden sind. — Die Wärmeerzeugung geht im kleinen Kreislauf des Bluts durch die Athmung vor sich, und beruht auf einem leisen Verbrennungs- (Oxydations-) Proceß der kohlehaltigen Bestandtheile des Bluts, die sich also mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft zur Kohlensäure der ausgeathmeten verbinden. Zur Erzeugung jener kohlehaltigen Blutbe-

standtheile aber dienen entsprechende Nahrungsstoffe, nämlich dreielementige (X, 11) Stoffe des Pflanzen- und Thierreichs (wie Zucker, Alkohol, Fett), die man daher auch erwärmende Nahrungsmittel oder Respirationssubstanzen genannt hat. — Hiebei ist zunächst vorzugsweise die höhere Thierwelt berücksichtigt, wo nicht nur die höheren Organe der Bewegung und Empfindung von denen der Ernährung, sondern auch diese wieder untereinander, d. h. die Organe der Verdauung, des Blutumlaufs und der Athmung, gehörig in eben so viele „Systeme" gesondert erscheinen (bei aller organischen Verbindung derselben).

5. Den Kohlenstoff, welcher die Hauptmasse des ganzen Pflanzenreichs bildet, scheiden die Pflanzen aus der Kohlensäure aus, die sie theils aus dem Boden im Wasser, theils und vornehmlich aus der Luft nehmen; und während zum Vorhandensein der letzteren die Athmung der Thiere wesentlich beiträgt, so geben die Pflanzen den Sauerstoff der zersetzten Kohlensäure an die Luft zurück.

Dieser berühmte Kreislauf des Sauerstoffs durch die organische Welt, wobei sich ein so merkwürdiges Wechselverhältniß der Pflanzen und Thiere herausstellt, ist eine besondere Thatsache in dem organischen Kreislauf der Stoffe (XI, 2) überhaupt; dadurch bleibt der Sauerstoffgehalt der Luft stets unverändert. — Daß außer dem thierischen Athmungsproceß auch die mannigfaltigen Verbrennungsprocesse (im engeren Sinn, Feuer, VII, 2. VIII, 7) bei Erzeugung der Kohlensäure in der Luft in Betracht kommen, versteht sich; die Kohlensäure des Bodens, welche die Pflanzen durch ihre Wurzeln mit dem Wasser an sich ziehen (zumal die noch blattlosen jungen, erst vom Keim aus sich entwickelnden Pflanzen), rührt von dem Humus her, dem kohligen Stoff der Pflanzenerde, der sich stets aus verwesenden organischen, besonders Pflanzenresten bildet (vgl. XI, 2 und XVI, 14). — Der Humus selbst dient keineswegs zur Pflanzennahrung, ist aber die erste Grundlage für die Entwicklung des Pflanzenlebens durch Bildung von Kohlensäure; daß sie nicht die einzige ist, daß vielmehr die Kohlensäure der Luft eine ebenso wesentliche und selbst noch umfassendere Quelle für den Kohlebedarf des Pflanzenreichs ist, geht aus Erfahrungen hervor, wie daß der Humusgehalt des Bodens nicht abnimmt, daß Pflanzen auch in ganz kohlelosem Boden an Wachsthum zulegen,

was ohne Kohlezufuhr nicht möglich wäre. — Die merkwürdige Zersetzung der Kohlensäure in ihre Bestandtheile durch die Pflanzen geht nur bei Tag vor sich, bei Nacht entwickelt sich im Gegentheil häufig Kohlensäure aus den Pflanzen; aber es kann zu großem Mißverständniß führen, wenn man häufig das Gesetz hinstellt, daß die Pflanzen bei Tag Sauerstoff, bei Nacht Kohlensäure aushauchen; denn das letztere ist kein innerer Proceß der Pflanze, wie die Ausscheidung des Sauerstoffs, vielmehr nur ein äußerer Hergang, welcher eintritt, wenn einerseits die Bedingung für die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanze fehlt, andererseits sowohl Verdunstung kohlensäurehaltigen Wassers als auch Oxydation kohlehaltiger flüchtiger Pflanzenstoffe durch die Luft vorhanden ist.

6. Den Stickstoff, welcher der Erzeugung der pflanzlichen Proteinstoffe (XI, 4) zu Grunde liegt, nehmen die Pflanzen nicht unmittelbar aus der atmosphärischen Luft, sondern aus dem Ammoniak, und dieses beziehen sie hauptsächlich aus der Verwesung organischer Stoffe (namentlich thierischer Excremente).

Das Ammoniakgas nehmen die Pflanzen vorzugsweise durch ihre Wurzeln an Wasser und Säure gebunden aus dem Boden auf, wo es sich durch Fäulniß besonders von Urin und anderem verwesenden Thierstoff theils allererst bildet, theils von sonsther aus der Luft durch Wasser und die festen Bestandtheile des Bodens gesammelt wird (Wasser, Kohle, Thon und andere Stoffe verschlucken unter anderen Gasen besonders saure sowohl als laugenhafte Gase, wie das Ammoniak X, 2), auch mit Säuren zu Ammoniaksalzen sich verbindet. — Abermals eine merkwürdige Partie des organischen Stoffumsatzes; die vom Thierreich ausgestoßenen stickstoffhaltigen Stoffe werden nach ihrer völligen Verwesung von den Pflanzen zur Bildung von Stoffen verwendet, welche wieder die erste Grundlage des thierischen Lebens (XI, 4) ausmachen. — Bedeutung des Düngers; zweite Wirkung des Humus, das flüchtige Ammoniak im Boden zurückzuhalten; Unterstützung dieses Hergangs durch künstliche mineralische Beimengungen, wie z. B. von Gyps, dessen Schwefelsäure mit dem Ammoniak sich verbindet und es am Entweichen hindert. — Es ist also theils Ammoniakwasser, theils sind es wässerige Auflösungen von Ammoniaksalzen, welche die Pflanzen zunächst beziehen, um aus der Zersetzung solcher Stoffe

ihre an Masse zwar sehr zurückstehenden, an Wichtigkeit aber voranstehenden Stickstoffsubstanzen zu bilden.

7. Das Wasser ist nicht nur an und für sich einer der drei Hauptnahrungsstoffe der Pflanzen, sondern es führt denselben auch die übrigen mineralischen Stoffe zu, welche sie bedürfen, und worunter wiederum der Schwefel wegen seines Verhälnisses zu den Blutbestandtheilen (Proteinstoffen) voransteht (vgl. X, 11).

Da auch die Kohlensäure, wenigstens zum Theil, und wahrscheinlich alles Ammoniak im Wasser in die Pflanzen gelangt, so ist das Wasser des Bodens das allgemeinste Mittel der Pflanzennahrung; die mineralischen Stoffe, welche die Pflanzen verwenden (X, 11), sind als lösliche Salze darin enthalten, so der Schwefel in schwefelsauren Salzen. — Das Wasser ist aber nicht nur „Medium und Vehikel" der Ernährung, sondern auch selbst einer der drei Hauptnahrungsstoffe (d. h. neben Kohlensäure und Ammoniak) der Pflanzenwelt; es ist ein solches theils an sich, indem es in Verbindung mit Kohle viele von den näheren Bestandtheilen der Pflanzen bildet, theils durch seinen Wasserstoff, der, ebenfalls mit Kohle verbunden, eine andere Gruppe von Pflanzenstoffen ausmacht (X, 11); und den Pflanzen kommt dem Wasser gegenüber eine ähnliche zersetzende Kraft zu, wie der Kohlensäure (und dem Ammoniak). — Wiedererzeugung der Mineralbestandtheile des Bodens durch Gesteinszersetzung; Brache.

8. Wenn Wasser, Kohlensäure und Ammoniak (XI, 5 — 7) die Stoffe sind, woraus die Pflanzen die ersten Lebensstoffe beider Reiche bilden: so sind sie auch die letzten Ergebnisse der Verwesung jener organischen Stoffe.

Die chemischen Prozesse der Verwesung können als eigenthümliche langsame Oxydations- oder Verbrennungsprocesse betrachtet werden, welche nur eine nicht allzu niedrige äußere Temperatur voraussetzen, und theils auf Kosten ihres eigenen Sauerstoffs vor sich gehen in der inneren Metamorphose, welche bald Gährung, bald Fäulniß heißt, und mit minder beträchtlicher Temperaturerhöhung verbunden ist (etwa auf ähnliche Art erfolgend wie bei hohem Wärmegrad die sogenannte trockene Destillation), theils durch Luft und Wasser vermittelt werden, jenes

bald Verwesung in engerem Sinn (worunter dann auch die Essigbildung gehört), bald, vielleicht passender, Verwitterung genannt, dieses Vermoderung; auf dieser zweiten Klasse der Verwesung beruht Humus- und Torfbildung (vgl. XVI, 14). — Was sich nicht in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak auflöst (wozu höchstens noch Schwefelwasserstoff kommt, wegen der schwefelhaltigen Lebensstoffe), das sind die sogenannten fremdartigen (X, 11) oder die mineralischen Bestandtheile der Organismen; diese bleiben bei der Verwesung zurück und bilden bei der Verbrennung die Asche.

Dritte Abtheilung.

XII. Die innere Erdwärme und die vulkanischen Erscheinungen.

1. Von wo aus man sich unter die Erdoberfläche begibt, so nehmen die vom Sonnenstand abhängigen Wärmeunterschiede allmählig ab, bis man eine beständige Temperatur erreicht; hier ist die Gränze zwischen der äußeren erborgten und der eigenen inneren Erdwärme, und weiter einwärts nimmt die Temperatur mit der Tiefe zu (nach unbekanntem Gesetz).

Ueber die Gesetze der äußeren von der Sonne bedingten Bodentemperatur und die Chthonisothermen (XIII, 2). Die Tiefe der beständigen Temperatur bei uns 60 bis 70 Fuß, äquatorwärts kleiner, polwärts größer, nämlich um so größer, je größer der Wärmespielraum an der Oberfläche. — Das Gesetz der Wärmezunahme im Inneren ist gänzlich unbekannt; sie ist schwerlich gleichmäßig und nicht nur mit der geographischen Breite verschieden, sondern auch bei einerlei Breite von mancherlei Umständen bedingt (wie Meereshöhe, Bodengestaltung, Felsarten); der Erfahrung nach beträgt sie in unseren Gegenden innerhalb der Schicht, bis zu welcher man wirklich eingedrungen ist, etwa 1 Grad auf 100 bis 150 Fuß; die tiefsten Gruben aber, mit welchen man in die feste Erdrinde eingedrungen ist, reichen etwa 2000 Fuß unter die Meeresfläche (was weniger als der 9000te Theil des Erdhalbmessers ist).

2. In noch unbekannter Tiefe ist die Temperatur so hoch, daß alles Wasser in Dampf übergehen muß (die unterir-

dische Wassergränze), in noch größerer Tiefe so, daß der feuerflüssige Zustand der Massen eintritt (das unterirdische Feuer); beides hängt aber nicht nur von der Temperatur, sondern auch vom Druck ab (VIII, 2), welcher einwärts ebenfalls fortwährend zunimmt bis zu Beträgen, vermöge deren die Stoffe im Erdinneren überhaupt unter gänzlich anderen Verhältnissen stehen, als an der Oberfläche.

Das wirkliche Ausbrechen geschmolzener Gesteinsmassen (XII, 3) beweist die Feuerflüssigkeit des Erdinneren; desgleichen das mit ebendenselben und anderen Naturbegebenheiten verbundene, auch für sich stattfindende (XII, 8) Ausströmen heißer Wasserdämpfe die unterirdische Dampfbildung. — Wenn darüber kein Zweifel stattfinden kann, daß auf eine starre Erdrinde von unbekannter, und natürlicher Weise auch nicht überall gleicher Dicke feuerflüssige Massen folgen, so ist daraus noch keineswegs zu schließen, daß dieser Zustand der Massen sofort bis zur Erdmitte sich erstrecke, vielmehr könnte innerhalb einer feuerflüssigen Schicht von unbestimmbarer Mächtigkeit wieder ein starrer Erdkern sich befinden, sofern der ungeheure Druck trotz ausnehmender Wärmegrade das Schmelzen verhinderte. — Der Druck der schweren inneren Flüssigkeit gegen die Erdrinde (vermöge II, 14), noch vermehrt durch die daselbst ohne Zweifel stattfindende Fluthbewegung (vermöge VI, 8). — Große Spannkraft (zu ungeheuren mechanischen Wirkungen, Hebungen u. dgl., geeignet) und Hitze (eigenthümlicher chemischer und auflösender Wirksamkeit fähig) der Wasserdämpfe in größeren Tiefen (vermöge VIII, 2, vgl. XII, 6).

3. Es gibt noch zahlreiche Oeffnungen der Erdrinde, welche bis zu dem inneren Feuerheerd hinabreichen, und aus welchen zeitweise feuerflüssige Massen (Lava) unter heftiger Erschütterung des Bodens und mächtiger Dampfentwicklung ausbrechen, die Vulkane, meist in kegelförmige Berge (Erzeugnisse der Ausbrüche selbst) eingeschlossen, bald vereinzelt oder in kleineren Gruppen (Centralvulkane), bald in langen Reihen (Reihenvulkane, vulkanische Längenspalten), vorzugsweise in der Nachbarschaft des Meers gelegen.

Von den bekannten 163 thätigen Vulkanen auf der Erde liegen 96 auf Inseln, und von den übrigen 67 ist mit Ausnahme zweier (im innerasiatischen Himmelsgebirg, wo auch der größte Schwefelpfuhl der Erde XII, 9) keiner über 40 Meilen vom Meer entfernt; die vulkanischen Inseln in allen Zonen, untermeerische Vulkane (vgl. XII, 4). — Unterirdischer Zusammenhang mehrerer Vulkane „zu einem gemeinsamen Heerd" nach den zwei Grundformen derselben, den Centralvulkanen (wovon Island eines der merkwürdigsten Beispiele) und den Reihenvulkanen, die entweder auf einem Gebirgsrücken sitzen (wovon die Anden das großartigste Beispiel), oder eine Reihe vulkanischer Inseln bilden (häufig einem Gebirgszug parallel, z. B. die kleinen Antillen). — Die Perioden und verschiedenen Zustände der Vulkane; Wechsel von Ruhe und gesteigerter Aufregung mit einzelnen oder mehreren Ausbrüchen in sehr verschiedenen Zeiträumen, theils bei jedem einzelnen Vulkan, theils bei verschiedenen; bei den großen oft Jahrhunderte ohne Ausbruch (Wald im Vesuvkrater), bei kleinen selbst minutenweise Ausbrüche (der rastlos arbeitende Stromboli); zweierlei Ruheſtände, der eine bei innerlicher Aufregung, bezeichnet durch nach außen wolkenbildende, nach innen schwefelabsetzende Dampfhauchen (vgl. XII, 9), der andere bei innerlicher Abspannung nach den großen Ausbrüchen, bezeichnet durch lang fortdauernde Kohlensäureausströmung (vgl. XII, 4). — Die Ausbruchserscheinungen und vulkanischen Erzeugnisse, wovon die bezeichnendsten eben die Erderschütterungen, die vermehrten Rauchsäulen und die Lavaergüsse sind; ferner: Auswürflinge, theils losgerissene Felsstücke, theils glühende Lava in verschiedenem Grade der Zertheilung (in Bomben, Steinchen, Sand, Asche; der vulkanische Aschenregen und die Feuersäule); Ströme von Wasser und Schlamm; Gewitter infolge der ausgestoßenen Dampfmassen (vgl. IX, 14); unter den gasigen Erzeugnissen neben dem Wasserdampf, welcher die erste Stelle einnimmt, besonders Schwefeldämpfe, schweflige Säure und Chlorwasserstoffsäure (die man an den chemischen Verbindungen derselben wahrnimmt, welche sie an der Oberfläche eingehen). — Bau der Vulkane; der Ausbruchkrater, ein engeres oder weiteres Kesselthal bildend, in welches die Esse mündet, die sich in Zeiten langer Ruhe mehr oder weniger verstopft; der Aufschüttungskegel, durch die Ausbrüche selbst entstanden und mit denselben zunehmend; Nebenkrater und Nebenkegel durch Durchbrechungen der Seitenwand der Hauptesse (seitliche Ausbrüche).

4. Viele Stellen der Erdoberfläche tragen entschiedene Merkmale ehemaliger vulkanischer Thätigkeit (erloschene Vulkane, altvulkanische Gegenden), und wie sich so die einen Oeffnungen der Erdrinde schließen, so entstehen auch wiederum noch stets neue Vulkane; die Entstehung eines neuen Vulkans stellt sich als der erste gewaltigste Ausbruch dar.

Die erloschenen oder geschlossenen Vulkane kennzeichnen sich theils durch ihre Gesteine (vgl. XVII, 6) und Formen (Kegel, Kraterspuren), theils durch Kohlensäureausströmung, die auch den Ausbrüchen der thätigen Vulkane folgt (XII, 3); übrigens darf man aus der blosen Gestalt noch nicht auf das Vorhandengewesensein einer wirklichen vulkanischen Oeffnung schließen, wohl aber beruhen auch die nicht vulkanischen Bergkuppen und Ringwälle (oder blose Erhebungskrater) auf ähnlichen centralen Hebungen von unten. – Erloschene Vulkane und altvulkanische Gegenden zeigen sich auch in größeren Entfernungen von den jetzigen Meeresküsten, ja sie kommen in den meisten Gebirgsgegenden vor. – Von neuentstandenen Vulkanen ist das berühmteste Beispiel der Jorullo in Mexiko 1759; wegen des baldigen Wiederverschwindens merkwürdig ist die Insel Ferdinandea 1831, einige Meilen von Sciacca in Sicilien, nicht bis zum Lavaerguß fortschreitend, nach 5 Monaten vom Meer wieder weggeschwemmt. – Die Bildung eines neuen Vulkans ist eigentlich nur ein erster Ausbruch mit weit verbreiteter Erderschütterung (vgl. XII, 5); den Uebergang macht die Entstehung neuer Ausbruchkegel an schon vorhandenen Vulkanen, wie der 1538 entstandene „Monte nuovo“ des Vesuvs bei Puzzuoli.

5. Die vulkanischen Gegenden der Erde sind zugleich die Ausgangs- oder Mittelpunkte der über größere Räume sich erstreckenden Erschütterungen des Bodens, der sogenannten Erdbeben, in ruckweisen Hebungen und Senkungen der Erdrinde bestehend, die von jenem Mittelpunkt aus wellenförmig sich fortpflanzen (übrigens hauptsächlich nur nach einzelnen Richtungen); häufig ohne Stoffausbruch, manchmal mit Spaltungen des Bodens (und dann auch mit Ausbruch von Gasen und heißem Wasser) vor sich ge-

hend; nach Dauer, Erschütterungsfläche und mittlerer Fortpflanzungsrichtung (Erschütterungszone) sehr verschieden.

Das Lissaboner Erdbeben von 1755, nach zerstörender Heftigkeit und Größe der Erschütterungsfläche (größer als Europa, gleichzeitig auf Madera, bei Mogador, Island und bis Böhmen und Südschweden empfunden) das großartigste der neueren Zeit; dabei Versinken von Landstrecken (Kai von Lissabon, Dorf bei Marokko, Klippen bei Mogador) im Meridian von Lissabon, während die Stöße auf dem Land und die ungeheure Wellenbewegung des atlantischen Meers (50 Meilen weit) vorzugsweise in der zu jenem Meridian rechtwinkligen Richtung; auch nach Dauer großartig, indem dem Hauptstoß eine ganze Reihe von Erschütterungen folgte, wobei Lissabon stets der Mittelpunkt (überhaupt ein besonders erdbebenreiches Jahrzehent, über 200). — Ein Beispiel von Bodenspaltung, Gasausbruch, Verschwinden vorhandener Wasserquellen und Bildung neuer Schwefelthermen (vgl. XII, 8) bietet das neueste Erdbeben von Rhodus dar; außer Rissen in der Erdrinde (welcher Hergang am nächsten an die Vulkanentstehung gränzt) treten im Gefolge von Erdbeben bleibende Hebungen und Senkungen des Bodens (Einstürze, Verschiebungen der Schichten) ein (vgl. XII, 10). — Die Erschütterungszonen scheinen dem Streichen der Gebirge zu folgen, somit den vulkanischen Zonen (XII, 3), wobei manchmal Gegenden übersprungen werden. Den vereinzelten augenblicklichen Erdstößen (oft von großer Heftigkeit) stehen die länger anhaltenden wogenden Bewegungen des Bodens gegenüber (wie eine solche auch z. B. der Entstehung des Jorullo voranging XII, 4). —. Alle auch mehr örtliche Erdbeben in Anschlag gebracht, mag fast in jedem Zeitpunkt irgendwo auf der Erde ein solches (oder ein Vulkanausbruch) statt finden.

6. Die in offenbarer Wechselwirkung stehenden Erscheinungen der Vulkanausbrüche und Erdbeben haben im Allgemeinen ihre gemeinschaftliche Ursache in der durch die innere Erdwärme bedingten Entwicklung von gasigen Stoffen, besonders von Wasserdämpfen, deren außerordentliche Spannkraft (XII, 2) entweder ganz örtliche Ausbrüche veranlaßt, wenn sich ihnen ein solcher Ausweg darbietet, oder im entgegengesetzten Fall weitverbreitete Erschütterungen der Erdrinde; was aber in jedem einzelnen Fall zunächst zu

Grunde liegt, ist, zumal hinsichtlich des Erdbebens, kaum zu ermitteln.

Die *Wechselwirkung* zeigt sich besonders an der Erfahrung, daß in einem vulkanischen Gebiet die Zeiten, in welchen seine Vulkane ruhen, durch ganze Reihen von Erdbeben sich auszeichnen, während in erdbebenfreien Zeiten beständige Arbeit der Vulkane stattfindet (dahin gehört besonders die Einsaugung der Rauchwolke des Vesuvs bei dem Lissaboner-Erdbeben, der Beschluß einer Erdbebenfolge in Mexiko durch die Entstehung des Jorullo u. a. dgl.). Dazu kommt die *geographische Gemeinsamkeit*; die vulkanischen Zonen oder Kreise den Meeresküsten entlang mit ihren Schütterkreisen (z. B. die des Mittelmeers, die südamerikanische, ostasiatische, australische). — Darüber kann gar kein Zweifel sein, daß der *erste bewegende Anstoß* bei den Ausbrüchen der Vulkane und den damit verbundenen Erschütterungen des Bodens von unterirdischen Dämpfen ausgeht, die Spannkraft derselben ist es, welche die Massen hebt, losreißt und hinausschleudert; je höher der Berg oder je länger die Esse, desto größere Kräfte werden ins Spiel gesetzt, daher ohne Zweifel die langen Zeiten, in welchen die großen Vulkane ihre Ausbrüche aussetzen, während die kleinen die kleineren Kräfte häufiger ins Spiel setzen; und wie auch bei diesen heftigere Ausbrüche wieder seltener eintreten, so sind innere Aufregungen bis zu Ausstößen, die sich nicht über den Krater verbreiten, auch bei den großen minder selten. — Dabei bleibt aber noch die Frage zurück, was wieder *in jedem besonderen Fall* die gesteigerte Bildung oder Ansammlung der unterirdischen Dämpfe veranlaßt; und wenn ohne Zweifel verhaltene Dämpfe die hauptsächlichste Ursache der weitverbreiteten Erdbeben sind, so lassen sich auch noch andere Anlässe von Erschütterungen des Bodens denken, namentlich Höhleneinstürze, unterirdische Explosionen bei chemischen Processen, wie ja schon bei äußeren Gewaltsamkeiten (Bergstürzen, Kanonaden u. s. w.) der Boden erzittert, sei es daß jene Anlässe für sich allein wirken oder in Verbindung mit unterirdischen Dämpfen. — So schloß man aus den besonderen Erscheinungen des Lissaboner Erdbebens, daß die ganze Bewegung von einer in der Richtung von Lissabon nach Magador tief unter dem Meeresboden befindlichen *unterirdischen Kluft* ausging, indem der (durch Dämpfe oder sonst wie hervorgebrachte?) Durchbruch ihrer Decke den großartigen Einsturz (XII, 6) zur Folge hatte, und das dadurch ins Innere eingedrungene Meerwasser Stoff genug zu ferneren Bebungen lieferte.

7. Das unterirdische Wasser, welches der hauptsächlichste Hebel bei den Durchbrüchen und Erschütterungen der Erdrinde ist (XII, 6), ist theils von außen eingedrungen (dasselbe, welches weniger weit eindringend allen Quellen zu Grunde liegt), theils bildet es sich wohl auch durch die im Erdinneren vor sich gehenden chemischen Processe.

Das Wasser, welches von außen eindringt, um die Quellen zu speisen (vgl. XVI, 8), rührt wiederum vorzugsweise vom Niederschlag des atmosphärischen Wassers (XIV, 7) her, und kommt weiter einwärts mit dem inneren Wärmeheerd in Berührung, woher die Warmquellen (XII, 8), aber ohne Zweifel auch die vulkanischen Wasserdämpfe (XII, 3); übrigens mögen wohl auch kanalartige Verbindungen des Erdinneren mit den großen Wasserbehältern der Erdfläche bestehen, worauf der Umstand deutet, daß unsere vulkanischen Zonen und Erdbebenkreise so auffallend den Meeresgestaden folgen; auch gibt es Kanäle, durch welche Süßwasserquellen aus dem Meer aufsprudeln (wie im Golf von Spezzia), und der Andrang von Meerwasser in unterirdische Klüfte oder Höhlen (etwa in Folge von Stürmen) könnte so zu den besonderen Ursachen der vulkanischen Wirksamkeit des unterirdischen Wassers (XII, 6) sich gesellen. — Ursprüngliche unterirdische Wasser- oder Dampfbildung kann schwerlich in Abrede gestellt werden; die anderweitigen vulkanischen Gase sind entschiedene Zeugen der mannigfaltigen chemischen Processe im Erdinneren, bei denen höchst wahrscheinlich auch Wasser sich bildet (XII, 9).

8. Die innere Erdwärme wirkt bei einer großen Menge von Quellen selbst mit, von denjenigen an, deren gleichbleibende Temperatur die äußere mittlere Temperatur nur wenig übertrifft (relative Thermen) bis zu den Thermen im engeren Sinn, welche einen höheren Wärmegrad darbieten, als die Luft überhaupt (Wildbäder), und von diesen bis zu den siedheißen intermittirenden Springquellen (Geysern); letztere kommen in den vulkanischen Gegenden vor, wie auch selbständige Ausströmungen von Wasserdämpfen (Fumarolen, Dampfhauchen).

In ihrer gesteigertsten Erscheinung (den Geysern, indem man von dem hervorstechendsten Beispiel auf Island den Na-

men übergetragen hat) nähern sich die Warmquellen schon sehr den vulkanischen Erscheinungen im engeren Sinn. Der isländische Geyser läßt alle 24 Stunden eine dicke Wassersäule bis zu 100 Fuß aufsteigen, so daß bei jedem Ausbruch das Becken sich gänzlich entleert, zuweilen noch 12 Fuß abwärts in seinen Kanal, und sein Wasser hat in 60 bis 70 Fuß Tiefe eine Temperatur von 100 Grad (vermöge des höheren Drucks VIII, 2); wahrscheinlich beruht diese Geyser-Erscheinung auf einem heronsballartigen Bau des Bodens, während andere intermittirende Quellen (sowie die sich zeitweise entleerenden Seen, Zicknitzersee) eher auf heberförmige Kanäle schließen lassen (vgl. II, 16). — Wenn die Quellen überhaupt häufig hervorstechende mineralische Beimengungen haben (durch Auflösung fester Stoffe im Erdboden, Gasverschluckung, die Mineralquellen vgl. XVI, 8), so besonders die Warmquellen (vermöge des höheren Auflösungsvermögens), und der besonders häufige Schwefelgehalt der Thermen ist abermals ein Beleg für ihre vulkanische Natur, auch entstehen Schwefelthermen in Folge von Erdbeben (wie bei dem von Rhodus 1851). — Die Dampfausströmung findet überhaupt in vulkanischen Gegenden statt (die italienischen Fumarolen oder Fumacchien, heiße rauchähnliche Dampfsäulen mit verschiedenen anderen flüchtigen Stoffen gemischt), theils besonders in nächster Umgebung heißer Quellen, am mächtigsten aber in den Vulkankratern, die fast beständigen Rauchwolken der Feuerberge vgl. XII, 3). — Künstliche Thermen aus tiefen artesischen Brunnen.

9. Wie wahrscheinlich schon manche unterirdische Dampfentwicklung (XII, 7), so beruhen jedenfalls die übrigen Gasentwicklungen auf den im Erdinneren in Folge der höheren Temperatur vor sich gehenden chemischen Processen; sie kommen theils bei den Vulkanausbrüchen vor (XII, 3), theils in Verbindung mit Schlammergießung (Salsen, Schlammvulkane), theils selbständig (häufig als ständige Quellen, Gashauchen, insbesondere Feuerbrunnen, Mofetten); auf denselben Processen beruht auch die Ausscheidung des Schwefels (Solfataren) und die Entwicklung der „bituminösen“ Stoffe (Naphthaquellen, Asphaltbildung).

Die aus dem Erdinneren sich entwickelnden Gase sind theils brennbare, sei es geschwefelt (Schwefelwasserstoffgas) oder gekohlt

(Kohlenwasserstoffgas, als Sumpfgas, als „feurige Schwaden" der Kohlenbergwerke, angezündet die Erscheinung der Feuerbrunnen gewährend); theils nicht brennbare, sei es, daß sie Ergebniß der Verbrennung sind (wie die Kohlensäure, die in besonders großen Massen auch in altvulkanischen Gegenden der „siebartig durchlöcherten" Erdrinde entströmt, da wo sie sich in Schichten ansammelt, die „Todeshöhlen- und Thäler" bildend; die Hundsgrotte, eine der merkwürdigsten Mofetten, d. h. ständigen Quellen „mephitischen" Gases; auch die „bösen" Schwaden gehören hieher), — oder nicht (wie das seltene und besonders räthselhafte Stickgas, das aus einigen südamerikanischen Schlammvulkanen in großer Masse sich entwickelt, Volkanitos von Turbaco). — Dieselbe Zusammensetzung wie die Kohlenwasserstoffgase haben die sogenannten bituminösen Stoffe (Erdöl, in reinem Zustand Naphtha, und Erdpech, Asphalt) und beruhen vielleicht sammt jenen auf einer Art Destillation von Kohlenlagern durch die unterirdische Wärme (nicht zu verwechseln mit den in höheren Schichten vor sich gehenden Erdbränden, die auf Selbstentzündung schwefelkieshaltiger Kohlenlager beruhen), desselben Hergangs, wodurch man künstlich aus Steinkohlen das Leuchtgas gewinnt; übrigens entwickelt sich Kohlenwasserstoffgas auch aus Sümpfen und Salzbohrlöchern (Sumpfgas, Irrlichter?). — Die größte Solfatare ist die brennende Fläche bei Urumtsi in der Gegend der binnenländischen Vulkane (XII, 3); alle Vulkankrater im Zustand der Ruhe, viele alte Krater sind Schwefelgruben. — Die sogenannten Schlammvulkane gleichen auf der einen Seite den Quellen, indem sie in einer ruhigen Ergießung salzigen schlammigen Wassers, oft auch mit Erdöl, unter zeitweiser Entweichung von Gasblasen (brennbare Gase, Kohlensäure, Stickgas), bestehen, wobei ohne Zweifel der Druck der sich von innen entwickelnden Gase die bewegende Kraft ist; auf der anderen den Vulkanen, indem zeitweise gewaltsamere Ausbrüche erfolgen (mit hochgehendem Auswurf, erhöhter Temperatur, unterirdischem Getöse, so besonders bei der ersten Entstehung einer Salse), wozu noch die Aehnlichkeit der äußeren Form kommt, sofern der ausgeworfene Schlamm zu kleinen Erhöhungen sich absetzt, die eine Art Kleinkrater einschließen. — Uebrigens ist mit Entwicklung der genannten Stoffe zur Erdoberfläche das Feld der „Geochemie" noch nicht beschlossen; es kommt dazu noch theils die Umwandlung derjenigen Gesteine der Erdrinde, welche zunächst auf den feuerflüssigen Schichten sitzen, sei es durch mechanischen Einschuß oder Umschmelzung oder wirk-

lichen chemischen Proceß, was alles unter dem Namen der „plutonischen Metamorphose“ zusammengefaßt wird (vgl. XVII, 5), theils auch die Bildung mannigfacher fester Stoffe, die nur gelegentlich in den Bereich der menschlichen Forschung kommen (Erzgänge, Krystallnester, besonders die Bildung von Edelsteinen) durch Hergänge, welche der chemischen Kunst bisher großentheils unzugänglich geblieben sind.

10. Manche Küsten sind in langsamer stetiger Hebung, andere in ebenmäßiger Senkung begriffen, die „säkulären“ Hebungen und Senkungen, wie man sie den jähen vulkanischen (XII, 3. 5) gegenüber nennt, aber ihre Ursache noch weniger kennt (nämlich nicht einmal im Allgemeinen).

Dabei nachbarliche Gegensätze: Neufundland steigt, Grönland sinkt; Nordschweden und Finnland steigt (der Quark), Südschweden sinkt, was man besonders in letzteren Gegenden seit Jahrhunderten an Verseichtung der Buchten und Vergrößerung des Strandes, sowie an den entgegengesetzten Erscheinungen wahrnimmt; also überhaupt an den beziehungsweisen Veränderungen des Meeresspiegels. — Demnach könnte zunächst von dem einen Falle ebensogut Hebung des Landes als Rückzug des Meeres, vom anderen aber Ansteigen des Meeres sogut als Senkung des Landes schuld sein; für wirkliche Hebungen und Senkungen aber spricht die Oertlichkeit der Erscheinung, da Veränderungen des Meeresspiegels auf alle zusammenhängenden Meere sich erstrecken müßten (II, 13). — Man hat daher an den plutonischen Metamorphismus (XII, 9) gedacht, sofern die Umwandlung der Schichten bald mit Vermehrung, bald mit Verminderung des Rauminhalts verbunden sein möge (Aufblähungen und Zusammenschrumpfungen); indeß könnten, wie andere meinen, auch allmälige Ansammlungen gasiger Stoffe in unterirdischen Höhlungen die Sache erklären, wodurch die Erscheinung der allmäligen Hebung und Senkung mit der plötzlichen mehr gemeinsam hätte.

11. Ohne Zweifel ist die innere Erdwärme der Rückstand von einem ursprünglichen Feuerzustand des ganzen Planeten, und es ist seit unbestimmbar langer Zeit ein beständiges Gleichgewicht eingetreten zwischen dem ohne Zweifel vorhandenen Wärmeabgang nach außen und der kaum fehlenden Erzeugung neuer Wärme im Inneren; jedenfalls

hat sich, so weit die Geschichte zurückreicht, der Rauminhalt der Erde und daher auch ihr Wärmezustand nicht mehr merklich verändert.

Aus der seit den ältesten astronomischen Zeugnissen unverändert gebliebenen Dauer des Sterntags folgt, daß die Erde seitdem keine merkliche Raumveränderung (Aufblähung oder Einschrumpfung) erlitten hat (III, 8), und hieraus (VIII, 1), daß ihr Wärmezustand sich gleichgeblieben sein muß. Auf der anderen Seite steht fest, daß die ganze Erde im Feuer flüssig war, ja es ist wahrscheinlich, daß wieder dem feuerflüssigen Zustand ein gasiger voranging (vgl. über die Urgeschichte der Erde XVIII, 1. 3). — Es kann daher wohl kaum in Zweifel gezogen werden, daß die jetzige eigene Wärme der Erde (das unterirdische Feuer) von jener früheren Hochtemperatur des ganzen Planeten herrührt, als der Rest, den das seitherige Erkalten gelassen hat; denn auf der einen Seite ist klar, daß das unterirdische Feuer nicht von der Sonne herrühren kann, noch schwerlich von einer anderen Einstrahlung (etwa von einem einstmaligen Durchgang durch eine Sonnengruppe bei der Bewegung unseres Sonnensystems durch den Weltraum VI, 13); auf der anderen kann solche Wärme durch innere Wärmeprocesse sich nicht wieder erzeugt haben, nachdem sie einmal verloren gegangen wäre. — Es kann also blos noch über die Erhaltung der Eigenwärme gefragt werden, nämlich ob die Erde zwar in fortwährendem Erkalten begriffen, dieß aber selbst für sehr lange Zeiträume ganz unmerklich sei, oder ob von einem gewissen Zeitpunkt an der Wärmeabgang sich stets wieder ersetzt habe durch Processe, chemische und andere, welche mit Wärmeentwicklung verbunden sind, dergleichen auch wirklich im Erdinneren vorgehen. So wahrscheinlich nämlich eine fortwährende innere Wärmeentwicklung ist, so scheint man sie kaum zu bedürfen, sofern auf der anderen Seite der Erkaltungshergang außerordentlich langsam sein mußte, von da ab, wo sich einmal eine gehörig dicke Kruste gebildet hatte, weil der Wärmeabgang sofort blos auf dem Weg der Leitung vor sich geht, und überdieß jährlich eine Menge Wärme von außen eingestrahlt wird. — Nach Erfahrungen, wie daß man noch nach Jahren flüssige Lava unter der äußeren Kruste findet, und nach künstlichen Erkaltungsversuchen mit Basaltkugeln u. a. ergeben die darauf gegründeten Berechnungen in der That auffallend geringe Beträge im Erkalten der Erde, z. B. 353 Millionen Jahre von

240 Grad über Null bis 45 unter Null und $^1/_{295}$ Grad für die letzten zwei Jahrtausende, oder die Temperaturabnahme der Erde in 1 Jahrtausend gleich derjenigen einer Kugel von $3^1/_2$ Fuß Durchmesser im 1280sten Theil einer Sekunde. — Dreifache Bewegung der Wärme im Erdboden, die Herausleitung der Eigenwärme, die Hineinleitung der Sonnenwärme, beide in senkrechter Richtung, wozu als dritte die wagrechte Bewegung geleiteter Wärme innerhalb der Erdfläche vom Aequator polwärts kommt, wobei jeder Punkt stets so viel Wärme erhält als er anderwärts verliert.

XIII. Die äußere Erdwärme und die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche.

1. Die Temperatur eines jeden Erdorts ist nach dem Sonnenstand veränderlich, mit einem gedoppelten Kreislauf, dem täglichen und jährlichen, wozu noch die Ungleichheit der Jahrgänge kommt, wovon bisher kein Gesetz bekannt; die Menge Wärme aber, welche ein Erdort während eines Tags und daher auch während des ganzen Jahrs erhält, hängt nicht nur von der Schiefe der Sonnenstrahlen (VII, 5), sondern auch von der Tagesdauer ab.

Die Veränderlichkeit gilt nicht nur von den Orten an der Erdoberfläche selbst, sondern auch von den höheren Luftregionen und von den inneren Erdräumen bis zur oberen Gränze der beständigen Temperaturen (XII, 1), welche mit der Oberfläche eine Bodenschicht von veränderlicher Temperatur einschließt. — Mitteltemperaturen und Wärme-Aeußerste (mittlere, beziehungsweise und schlechthinige Aeußerste), Spielraum und Wechsel (nach Häufigkeit und Jähheit); die Mittelwerthe wegen der Verschiedenheit der Jahrgänge aus langen Zeiträumen zu entnehmen, sofern man bei der Unkenntniß des Gesetzes der Jahrgänge blos annehmen darf, daß die Ungleichheiten in längeren Zeiträumen etwa sich ausgleichen dürften (vgl. XIII, 10). — Schiefe der Sonnenstrahlen und Tagesdauer beruht auf der geographischen Breite und auf der jeweiligen Abweichung der Sonne (III, 2); die längere Zeit der Strahlung während der längeren Tage (vgl. auch VII, 13), verbunden mit der Abkürzung der nächtlichen Abkühlung (zuletzt Wegfall

derselben; Polarzone V, 3) ersetzt einigermaßen die größere Schiefe der Strahlen in höheren Breiten; die Menge der Wärme, welche ein Aequatorort während des ganzen Jahrs erhält, ist nur etwa $2\frac{1}{2}$mal so groß als die Menge der zum Pol gelangenden Wärme; die Menge der am längsten Tag gestrahlten Wärme nimmt vom Aequator bis in die Breiten Italiens zu, von da ab bis in die Mitte Skandinaviens, dann wieder zu bis zum Nordpol, an welchem die nur unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad 24 Stunden hindurch ununterbrochen strahlende Sonne mehr Wärme spendet, als am Aequator in den 12 Stunden, während deren sie um Mittag dem Scheitel nahe steht.

2. Die Veränderungen der Bodenwärme (d. h. innerhalb der Schicht veränderlicher Temperatur) beruht an der Oberfläche selbst auf Ein- und Ausstrahlung, weiter einwärts aber nur auf Leitung (Hinein- und Herausleitung); daher nimmt der Spielraum mit der Tiefe ab, so daß die beständige Temperatur an der inneren Gränze jener Schicht der Mitteltemperatur an der Außenfläche nahezu gleich ist; ebendaher treten die den äußeren Temperaturen entsprechenden Bodentemperaturen später ein als jene, und um so später, je tiefer die betreffende Stelle des Bodens liegt.

Von welch großem Einfluß die Natur der äußeren Bodenschichten, Felsarten, ist hinsichtlich der Wärmegrade, die sie unter der Sonnenstrahlung annehmen (VIII, 10), wie sich dieß an der Bethauung und Nichtbethauung zeigt (XIV, 7). Während hier alle thermischen Vermögen der Körper in Betracht kommen, ist es für die unteren Bodenschichten, hauptsächlich blos das Leitungsvermögen, worauf die Wärmegrade und Temperaturwechsel beruhen. — Da bei der Leitung an entferntere Stellen verhältnißmäßig wenig Wärme gelangt, desgleichen von ihnen wenig zurückkommt bei der entgegengesetzten Bewegung, so nimmt der Spielraum mit der Tiefe rasch ab, worauf unsere Keller u. s. w. beruhen. — Der andere Umstand bezieht sich zunächst auf die Langsamkeit der Wärmefortpflanzung durch Leitung; die täglichen Wechsel treten für je 1 Fuß mehr Tiefe um $9\frac{1}{2}$ Stunden, die jährlichen um 6 Tage später ein, und demnach treten in einer Tiefe von 30 Fuß die jährlichen Wärmewechsel um ein halbes Jahr später ein (so daß Winter und Sommer sich umkehrt wie auf der südlichen Halbkugel), in einer Tiefe von etwas über 60 Fuß aber

um ein volles Jahr später, d. h. sie hören in dieser Tiefe auf. — Die täglichen Wechsel erstrecken sich natürlich viel weniger tief, nach der Theorie 19mal weniger tief als die jährlichen, sofern 19 nahezu die Quadratwurzel von 365, und die Tiefen sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Perioden. — Daher dringt ein Frost kaum merklich in den Boden ein, wofern die Kälte nicht mindestens 8 Tage dauert und 10 Grad unter Null erreicht, und der Boden friert bei uns überhaupt selten über 20 Zoll hinab zu. Anders in höheren Breiten, wo die Mitteltemperatur an der Oberfläche unter den Gefrierpunkt herabsinkt, hier muß in der Tiefe der beständigen Temperatur der Boden stets gefroren sein, während er oberhalb derselben im Sommer aufthaut. — Oertliche Eigenheiten der Temperatur: erhöhend wirkt nähere Verbindung mit dem inneren Wärmeheerd, erniedrigend Gewässer (XIII, 3) und Gletscher; die natürlichen Eishöhlen und Wetterlöcher, auf Luftströmungen beruhend (XIV, 2).

3. Die Temperatur der Gewässer ist überall gleichmäßiger als die des Erdbodens, nicht nur zeitlich, d. h. unter jeder Breite dem Spielraum nach, sondern auch örtlich, d. h. wenn man die Meerestemperatur unter verschiedenen Breiten vergleicht; sie nimmt überdieß mit der Tiefe ab, so daß in einer sehr beträchtlichen (nicht überall gleichen) Tiefe eine beständige niedrige Temperatur statt findet; Wärmewechsel verbreiten sich weniger durch Leitung als durch Durchstrahlung und Strömung (VIII, 8).

Die Bewegungen der Großgewässer (XV, 6) tragen durch Mischung des Wassers aus verschiedenen Tiefen, sowie aus verschiedenen Breiten zur Gleichmäßigkeit der Meerestemperatur bei, welche vor allem auf dem großen Fassungsvermögen des Wassers beruht, wornach es langsamer und weniger sowohl erwarmt als erkaltet (VIII, 4), als die Gesteine des Erdbodens. — Der tägliche Spielraum an der Oberfläche des Meeres ist überall sehr gering, der jährliche in den Tropen kaum 1 Grad, in mittleren Breiten 4 Grad (im Aeußersten noch unter 9 Grad nach Erfahrungen im atlantischen Meer, wo in der heißen Zone die Temperaturen nicht über 20 bis 22 Grad sich erheben, und in den mittleren Breiten nicht unter 10 bis 8 Grad sinken). — Die Abnahme der Wassertemperatur mit der Tiefe beruht auf dem Untersinken des an der Oberfläche

erkalteten Wassers; sie geht zuerst rasch, dann langsamer, zuletzt unmerklich vor sich, so daß endlich, meistens erst in Tiefen über 3000 Fuß, welche polwärts abnehmen, eine sich gleichbleibende niedrige Temperatur eintritt (bei Süßwassersee'n nicht unter 3 Grad über Null, beim Meerwasser bis $1\frac{1}{2}$ Grad unter Null, vgl. VIII, 3), dazu kommen noch die unteren Kaltwasserströmungen (XV, 6). — Eigenthümlichkeiten mancher Meere, besonders der Binnenmeere (im mittelländischen z. B. soll in den größten Tiefen keine Temperatur unter 10 bis 9 Grad statt finden). — Das Gefrieren von der Oberfläche aus, um so später, je tiefer das Gewässer, überhaupt erst eintretend, nachdem die ganze Wassermasse bis zur Temperatur der größten Dichte erkaltet ist (Wichtigkeit dieses Umstands für die Oekonomie der Natur). Dabei sind auch die Bewegungen des Wassers von Einfluß, und bei Strömen, wo sich die Wasser beständig mischen, schreitet die Erkältung der ganzen Masse bis zum Eispunkt fort, daher das Grundeis, was bei tieferen Seen und Meeren nicht vorkommen kann.

4. Die Atmosphäre, so durchstrahlbar sie ist, verschluckt doch einen sehr beträchtlichen Theil der zur Erde gestrahlten Wärme, worauf ihre eigene Erwärmung beruht; ihre Temperatur nimmt mit der Höhe ab, nicht nur im Mittel, sondern auch im Spielraum, so daß in einer gewissen (sehr beträchtlichen) Höhe wiederum eine beständige Temperatur herrscht; die Temperatur der Luft an der Erdoberfläche selbst erfährt zahlreiche Rückwirkungen von der letzteren.

Die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe (welche übrigens zeitweise und örtliche Ausnahmen findet, auf Luftströmungen beruhend, worüber XIV, 3, vergl. auch VII, 12; daher im Allgemeinen von der Mitteltemperatur zu verstehen) hat verschiedene Ursachen, vor Allem die abnehmende Dichte (II, 17) in doppelter Hinsicht, weil die dünnere Luft weniger Wärme verschluckt und überdieß ein größeres Fassungsvermögen hat (VIII, 4); zu dieser in der Natur der Atmosphäre selbst liegenden Ursache kommen aber die Einflüsse der Umgebung, indem die unteren Schichten rückgestrahlte Wärme von der Erdoberfläche erhalten (welche auch von der Luft mehr verschluckt wird als die unmittelbare Sonnenwärme), während die obersten Luftschichten die erkal-

tende Nachbarschaft des Weltraums (VIII, 12) haben. — Von einem Gesetz kann keine Rede sein, auch sind die Erfahrungen über die Lufttemperatur in verschiedenen Höhen nur rein, wenn in freier Luft angestellt (eben wegen jener Rückwirkungen des Landes); daher ist die Hauptquelle die wissenschaftliche Luftfahrt Gaylüssacs in eine Höhe von etwa 22000 Fuß, wornach bis in diese Höhe annähernd und durchschnittlich etwa 700 Fuß auf 1 Grad Temperaturabnahme kommen, wornach ferner die Abnahme in größeren Höhen rascher wird. — Daß auch der Spielraum mit der Höhe abnimmt und zuletzt verschwindet, hat seinen Grund darin, daß einerseits in größerer Höhe geringere Erwärmung statt findet, andererseits auch die Erkaltung (bei Nacht und im Winter) geringer sein muß, wegen des unbedeutenden Einflusses der Ausstrahlung, und weil oben der Niederschlag, welcher Wärme frei macht, über die Verdunstung, welche Wärme bindet (VIII, 6), überwiegt. Uebrigens ist die Höhe der beständigen Lufttemperatur unbekannt (in 12000 Fuß Höhe soll noch ½ Grad Spielraum sein).

5. Der jährliche, sowie auch der tägliche Gang der Luftwärme an der Erdoberfläche ist keineswegs stetig zwischen dem Größten und Kleinsten, das er im Allgemeinen einige Zeit nach dem höchsten Sonnenstand darbietet; auch fallen die Wendepunkte der Temperatur in verschiedene Zeiten sowohl an jedem einzelnen Ort (nämlich bei verschiedenen Jahreszeiten für die tägliche und bei verschiedenen Jahrgängen für die jährliche Wärme), als auch unter verschiedenen Breiten (bei einerlei Jahreszeit und Jahrgang).

Es versteht sich vor Allem, daß in der Polarzone der tägliche Gang mit dem Tag- und Nachtwechsel zeitweise ganz wegfällt, sowie daß der jährliche Gang in den Tropen zwei Größte (bei den beiden senkrechten Ständen) und zwei Kleinste, ein beziehungsweises Sommer- und ein schlechthiniges Winterkleinstes darbietet. — Daß die Größten erst nach den Zeitpunkten eintreten, in welchen die Sonnenstrahlen die größte Wirkung haben, beruht auf dem rückwirkenden Einfluß der Erdoberfläche (XII, 4); ebenso treten die Kleinsten erst nach den ungünstigsten Sonnenständen ein (d. h. nach Mitternacht und nach der Winterwende). — Die Unstetigkeit zeigt sich besonders an dem bei uns mit Sprüngen und Rückgängen behafteten jährlichen Gang, von denen

die meisten als ganz unregelmäßig erscheinen (manche andere wie die Pankratiuskälte sind nur scheinbar regelmäßig); im täglichen Gang gehört hieher die regelmäßige augenblickliche Wärmeerniedrigung bei Ankunft und Weggang der Sonne (auf Veränderungen im Zustand des Wasserdampfs beruhend, Verdunstungskälte. — Die täglichen Wendepunkte und die Mittelwerthe (Morgen- und Abendmittel) treten übrigens zu verschiedenen Tageszeiten ein in verschiedenen Jahreszeiten, und erstere rücken in höheren Breiten dem Mittag und der Mitternacht näher; noch verschiedener sind verschiedene Jahrgänge hinsichtlich des Eintritts der jährlichen Wendepunkte. — Verschiedenheit des jährlichen Spielraums, je nachdem man den Unterschied der mittleren Winter- und Sommertemperatur, oder den zwischen dem wärmsten und kältesten Monat, oder zwischen mittleren oder endlich zwischen schlechthinigen Aeußersten zu Grunde legt (z. B. für Brüssel $10^1/_2$, $12^1/_2$, 30, 48 Grad).

6. Das Klima eines Erdorts (Erdraums) beruht auf der an ihm stattfindenden Temperatur der untersten Luftschicht nach Mittel und Spielraum (auch Wechsel); die Mittelwärme (welche wieder als das Hauptmerkmal anzusehen ist) hängt vorzugsweise von der Breite und Meereshöhe ab, während untergeordneter Einfluß der Vertheilung von Land und Meer, von Hochland und Tiefland zukommt, nebst anderen Umständen, die man überhaupt unter dem Namen (positiver und negativer) klimatischer Störungen begreift; dergleichen Umstände bedingen aber auf der anderen Seite vorzugsweise die Spielräume und Wechsel.

Zu den Umständen, welche klimatische Störungen, d. h. zunächst andere Beträge der Mittelwärme, als nach Breite und Meereshöhe zu erwarten war, bedingen, gehören besonders noch herrschende Winde oder Luftströmungen (worauf auch vorzugsweise die Ungleichheit der Jahrgänge beruht, vgl. XIV, 4), und selbst Meeresströmungen, sowie Bodenart und Pflanzendecke, theils wegen der Rückwirkung des Bodens, theils wegen des Einflusses auf Verdunstung und Niederschlag, theils wegen des Schattens (Wälder); auf den herrschenden Winden scheint besonders das mildere Klima der Westküsten, das strengere der Ostküsten in der nördlichen gemäßigten Zone zu beruhen, oder der Einfluß der

geographischen Länge auf die Mittelwärme (vgl. XIII, 7). — Der Gegensatz des See- und Binnenklima's bezieht sich besonders auf den Spielraum, zu erklären aus (XIV, 3), der des Steppen- und Gebirgsklima's auf die Wechsel (nämlich hier, wo Landstriche von sehr verschiedener Temperatur in unmittelbarer Nähe von einander liegen, schnelle und häufige örtliche Wechsel, dort anhaltende und weit verbreitete Witterungsverhältnisse). — Wirkung ostwestlich streichender Gebirge auf ihre beiden Abhänge (z. B. die Alpen mit den deutschen und italienischen Thälern); Wirkung großer Festlandsmassen in der heißen Zone auf die vorgelagerten Länder (z. B. Afrika ein Ofen für Europa); Wirkung der Wüsten in der alten Welt im Vergleich mit den üppigen Pflanzenwildnissen der neuen. — Heiße, gemäßigte, kalte Klimate; die zweiten wieder mit den Unterabtheilungen: warme (wo noch kein anhaltender Frost), gemäßigte (wo die warme Zeit noch über entschiedene Frostzeiten überwiegt) und kühle (wo das Verhältniß sich umkehrt); gleichmäßige, veränderliche und äußerste Klimate; die drei nördlichen Welttheile z. B. verhalten sich in ihren gemäßigten Theilen so, daß Asien heiße Sommer mit strengen Wintern, Europa kühle Sommer mit milden Wintern, Nordamerika strenge Winter mit kühlen Sommern verbindet.

7. Wenn man die Orte zusammenstellt, welche bei einerlei Meereshöhe gleiche Mitteltemperatur haben, so liegen dieselben keineswegs unter einerlei Breite, vielmehr biegen die sie verbindenden Linien (Isothermen) nach beiden Seiten von den Parallelen aus; von ihnen aber sind wiederum diejenigen Linien ganz verschieden, welche die Orte von gleicher mittlerer Sommer- und Wintertemperatur verbinden (Isotheren, Isochimenen); nach den Isothermen zerfällt die Erdfläche in die eigentlichen Wärmezonen, welche von den Zonen des Sonnenstandes (V, 3) abweichen, nach den Isotheren und Isochimenen aber in die Zonen des Regens, des veränderlichen Niederschlags und des Schnees.

Die genannten thermischen Linien beziehen sich durchaus auf Oerter im Meeresspiegel, oder was fast auf dasselbe hinausläuft, in einerlei Meereshöhe. — Die nördlichen und südlichen Ausbiegungen der Isothermen auf der nördlichen Halb-

kugel (je zwei Hauptausbiegungen, nördlich an den Westküsten) stellen das dar, was man den Einfluß der geographischen Länge auf das Klima nennt und noch nicht gehörig erklärt ist (vgl. XIII, 6); in den höchsten Breiten trennen sich die Isothermen der Nordhalbkugel völlig in zwei Stücke, deren jedes einen eigenen vom Nordpol verschiedenen Mittelpunkt hat (vgl. XIII, 9). — Wärmezonen und Sonnenstandszonen; die heiße, wo an die Stelle der Wendekreise die Isothermen von etwa 18 Grad treten, deren nördliche durch Teneriffa, Cairo, Bagdad, Delhi, Assam, Makao, Sandwichsinseln, Florida geht, die südliche durch die Damaraländer in Westafrika, Südmadagaskar, mitten durch Australien, Lima und Riojaneiro; die gemäßigte mit ihren Unterabtheilungen des warmen, mittleren und kühlen Strichs (XIII, 6); die kalte, wo an die Stelle der Polarkreise die Isothermen von null Grad treten, deren nördliche Island, Nordkap, Katharinenburg, Tomsk, Kamtschatka, Kumberlandhouse in Kanada, die südliche aber kein bewohntes Land berührt. — Die Isothere und Isochimene eines Orts schneiden sich in demselben unter einem um so stärkeren Winkel, je mehr es ein Binnenort ist (XIII, 7), und dieser Winkel wird von der Isotherme des Orts nahezu halbirt. — Die Zone des Regens, d. h. in welcher im Meeresspiegel nur Regen fällt (Schnee nur ausnahmsweise und vorübergehend) greift tief in die gemäßigte Zone hinein (in Europa die Südwestspitze von England und die Bretagne streifend), ihre Gränze oder die Aequatorialgränze des Schnees gehört zu den Isochimenen; die Zone des Schnees, d. h. wo Regen und Aufthauen eine eben solche Seltenheit wie in jener Schnee, hat zur Gränze die Polargränze des Regens, eine Art Isothere; ähnliche Gränzen sind die Winter- und Sommergränze des Polareises (auf der Nordhalbkugel liegt diese erst jenseits des 75. Breitegrads), die Aequatorialgränze des Treibeises (im atlantischen Meer fast die Azoren erreichend).

8. In allen Zonen gibt es der Meereshöhe gemäß verschiedene Wärmeregionen übereinander, darunter die Schneeregion, deren Gränze (die Schneegränze) vom Aequator polwärts allmälig sich herabsenkt und zuletzt in den Erdboden selbst eintritt.

Zur Darstellung der von Höhe und Tiefe bedingten Wärmeverhältnisse hat man Höhen-isotherm-, isother-, isochimen-Flächen ersonnen, die auch in den Erdkörper selbst eintreten können, und

überhaupt innerhalb der Oberfläche als Chthonisothermflächen sich fortsetzen (vgl. XII, 1); es sind im Allgemeinen Sphäroidflächen stärker abgeplattet als die Erdoberfläche, die niederen Luftisothermen und oberen Chthonisothermen mit Ausbiegungen nach Außen oder nach Innen, während diese weiter auswärts in der Atmosphäre und weiter einwärts in der Erdrinde mehr und mehr verschwinden (XIII, 2. 4). — Die Mitteltemperatur des Nordpols zu 8 Grad unter Null angenommen, liegt daselbst die Chthonisotherme von 8 Grad über Null etwa 2000 Fuß tief im Inneren, nähert sich äquatorwärts der Oberfläche, die sie in der Isotherme von 8 Grad schneidet, steigt alsdann als Höhenisotherme auf, durchschneidet die Alpen in einer Höhe von 1200, die Anden von Quito in einer Höhe von 12000 Fuß u. s. w. — Die Schneefläche ist eine Art Höhenisothere (sowie diejenige Fläche, unterhalb welcher kein Schnee fällt, ein Stück von einer Höhenisochimene), jene der Polargränze des Regens und Sommergränze des Polareises, diese der Aequatorialgränze des Schnees und Wintergränze des Polareises entsprechend; sie schneidet die verschiedenen Gebirge in deren Schneelinien (d. h. mittleren Gränzen des ewigen Schnees an den Gebirgsabhängen), deren Lage aber keineswegs blos durch die Höhe, sondern auch durch Bau und Zug des Gebirgs wesentlich bedingt ist, daher häufig ziemlich verschieden an den beiden Abhängen eines größeren Gebirgs (bei Alpen und Pyrenäen geht der Unterschied bis 1000 und 1100 Fuß). — Das Gletschereis unterhalb der Schneegränze (bei den Alpen bis zu 3000 Fuß herab); in den Tropen fehlt diese Erscheinung fast ganz, in den Polarländern aber zeigt sie sich im höchsten Grad, bis zur Meeresfläche herabreichend (Island, Norwegen; auf der südlichen Halbkugel selbst noch an der patagonischen Küste unter 47° Breite); das Nähere (XVI, 7). — Die Wärmeregionen der Gebirge im Pflanzenwuchs hervortretend, die Pflanzenregionen (Culturregion, Waldregion, Alpenregion).

9. Der Abweichung der Isothermen von den Parallelen entsprechend, liegen die Orte größter Mittelwärme nicht dem Aequator selbst entlang, sondern meistens auf der einen oder auf der anderen Seite desselben (mehr auf der nördlichen); gleicherweise sind die Orte größter Kälte von den Polen verschieden, und zwar hat die nördliche Halbkugel deren zwei (einen im Norden von Ostamerika, den an-

deren im Norden von Sibirien); von der südlichen Halbkugel weiß man blos, daß die Isothermen überhaupt von den Parallelen viel weniger abweichen.

Man hat die Punkte niedrigster Mitteltemperatur Kältepole genannt; die beiden der Nordhalbkugel (der asiatische nördlich von Kap Taimura in 79½ Grad Breite mit einer Mitteltemperatur von 14 Grad unter Null, der amerikanische nördlich von der Barrowstraße in 78 Grad Breite mit einer Mitteltemperatur von 16 Grad unter Null) sind nichts anderes als die Mittelpunkte der beiden südlichen Hauptausbiegungen der Isothermen (XIII, 7), aus denen mit Annäherung an die Kältepole zwei getrennte Kurven werden. — Man war auch geneigt zwei südliche Kältepole anzunehmen, einen südamerikanischen und australischen, allein der Gang der südlichen Isothermen, soweit man ihn kennt, deutet keine solche Zweiheit an, und das rund herum herrschende Seeklima erklärt seinerseits wieder die viel geringere Abweichung der Isothermen von den Parallelen; jene Annahme hat überdieß ihren Grund nur in der heutzutage nicht mehr Stich haltenden Ineinssetzung der magnetischen und der Kältepole, und der jetzt wieder verworfenen Ansicht von einem irdischen Doppelmagneten (vgl. IX, 15). — Während die Isotherme von 22 oder 23 Grad wenig von dem Aequator abweicht, so liegen dagegen die Orte höchster Mitteltemperatur (24 und 25 Grad) zum Theil in beträchtlichem Abstand von demselben; man hat daher eine Kurve erdacht, welche die heißesten Punkte aller einzelnen Meridiane verbinden soll (den Wärmeäquator), indeß ist es eher eine Folge von länglichten Ringen dem Aequator entlang, zum größten Theil auf der Nordseite des Aequators gelegen, am nördlichsten im Inneren Afrika's sich ziehend (heißeste Binnengegend der Erde), während die kleinere südliche Ausbiegung in den ostindischen Archipel nördlich von Australien (vgl. XIII, 6) fällt (heißeste Seegegend der Erde). — Größte Temperaturunterschiede auf der ganzen Erde; hinsichtlich der Mittelwärme 40 Grad (zwischen dem amerikanischen Kältepol und dem afrikanischen Theil des Wärmeäquators), hinsichtlich der mittleren Sommer- und Wintertemperaturen 56 bis 60 Grad (zwischen Innerafrika und Ostsibirien), während der Unterschied der beiderseitigen Sommertemperaturen nur 12, diejenige der Winter kaum 50 Grad); hinsichtlich der Einzeläußersten geht der Unterschied bis auf 90 Grad, indem man höchste Temperaturen der heißesten Gegenden (38 bis

45 Grad in der Sahara) mit niedrigsten der kältesten (34 bis 45 unter Null in Sibirien und Nordamerika) vergleicht.

10. Vermöge der Ungleichheit der Jahrgänge verändern sich die klimatischen Verhältnisse beständig, aber nicht fortschreitend, sondern so, daß sie um einen mittleren Zustand herumschwanken, welcher eben den Charakter des Klimas in dem betreffenden Erdstrich ausmacht; dieser bleibt sich gleich, und gänzliche Veränderungen desselben sind blos örtliche Ausnahmen; übrigens gibt es auch schwerlich eine genaue periodische Wiederkehr der Jahrestemperaturen.

Beispiele von Klimaänderungen in der geschichtlichen Zeit sind Grönland und insbesondere Island, welche rauher, Canada und Neuengland, welche milder geworden sind; hier scheint (wie auch im jetzigen Deutschland verglichen, mit Altgermanien) die Ursache in der Umwandlung des Bodens durch Menschenhand zu liegen (Wälderausrottung, Anbau), bei Island in gänzlicher Umgestaltung des Landes durch vulkanische Revolutionen. — Solche Klimaänderungen sind ebendaher örtlich und nicht allgemein, sofern man die geschichtliche Zeit, oder vielmehr die Zeit im Auge hat, seit welcher die jetzige Erdoberfläche im Allgemeinen fertig gebildet, und das beständige Gleichgewicht zwischen der inneren und äußeren Erdwärme hergestellt war (XII, 11); auch liefern die geschichtlichen Zeugnisse viele Beweise für die Beständigkeit der Klimate. — Allgemeine Veränderungen der klimatischen Verhältnisse könnten nur in neueren allgemeinen geologischen Umwälzungen oder in kosmischen Veränderungen ihren Grund haben, seien es Störungen im Verhältniß zur Sonne, oder neue Beziehungen zu anderen Sonnen (Annäherung an andere Sonnen bei der Bewegung VI, 13); Störungen des Umlaufs der Erde um die Sonne gibt es nun allerdings, welche Einfluß auf die Wärmevertheilung an der Erdoberfläche haben müssen, aber sie sind äußerst gering und allmälig und ordnen sich dem Einfluß herrschender Winde u. dgl. gänzlich unter (VI, 6); daher sind von kosmischer Seite keine umfassenden Veränderungen der Klimate zu erwarten, wenigstens nicht auf Tausende und Myriaden von Jahren. — Daß genau dieselben Jahrestemperaturen in gewissen Perioden wiederkehren sollten, ist nach der wahrscheinlichen Hauptursache von

der Ungleichheit der Jahrgänge (XIII, 6 und XIV, 4) kaum zu erwarten, ebensowenig eine stetig in einerlei Sinn fortschreitende Ungleichheit; ersteres würde nämlich die Wiederherstellung einer ganz gleichen Vertheilung der Luftströmungen voraussetzen, was ihrer Natur nach sehr unwahrscheinlich.

XIV. Die Atmosphäre.

1. Die Masse der Atmosphäre beträgt ungefähr den millionsten Theil von der Gesammtmasse der Erde, ihre Höhe aber läßt sich nicht wohl bestimmen (gewöhnliche Schätzung **10** Meilen); auch kann es in der That kaum eine bestimmte Gränze geben, weil die Dichte mit der Höhe stetig abnimmt; überdieß muß sie sich ungleich weit erstrecken, ein ohne Zweifel viel stärker als die Erde selbst abgeplattetes Sphäroid bildend.

Den ungefähren Betrag der Masse schließt man aus dem Gesammtbetrag des Luftdrucks auf die Erdoberfläche (nach dem Gesetz II, 16), übrigens ist das Gewicht größer als dieser, weil die Lufthülle von der Druckfläche aus divergirt. — Bei gleichmäßiger Dichte (gleich derjenigen der untersten Schicht) wäre die Luft etwas über eine Meile hoch, indem (nach II, 16) ihre Höhe die der mittleren Barometersäule auf Erden sovielmal überträfe, als die Dichte des Quecksilbers die der Luft; die Höhe der Atmosphäre muß also wohl jedenfalls mehrere Meilen betragen, weil die Dichte mit der Höhe abnimmt (II, 17). Ginge diese Dichtigkeitsabnahme genau nach diesem Mariotteschen Gesetz vor sich, d. h. wäre die Temperatur der Luft überall dieselbe (sowie, was übrigens von geringerem Belang, die Schwerkraft, die ja auch mit der Höhe abnimmt): so würde der Luftdruck (und folglich die Dichte) stets um denselben Theil seiner selbst abnehmen, wenn man sich um gleichviel erhöbe (z. B. bei einer gemeinschaftlichen Temperatur von null Grad um je $1/_{25}$ für jede 1000 Fuß, worauf auch in der That die barometrische Höhenmessung sich gründet), und man könnte hiernach überhaupt die Höhe genau berechnen, in welcher die Luft eine gegebene Dichte besäße, namentlich eine so kleine Dichte, daß sie kaum mehr als Luft gelten könnte (so ergibt sich z. B. für die Höhe von 8 Meilen eine Dichte, welche 1750mal, für 10 Meilen, welche 10000mal kleiner wäre als die Luftdichte an der

Erdoberfläche). — Da nun aber die Temperatur mit der Höhe nach unbekanntem Gesetz abnimmt, und die Schwerkraft ebenfalls abnimmt, so müssen in Wirklichkeit jene Dichtigkeitsgrade in noch größerer Höhe stattfinden; zugleich aber erhellt, daß von einer bestimmten Gränze gar keine Rede sein kann, eben weil Dichte und Druck allmälig zum unendlich Kleinen abnimmt. — Da die Dämmerung auf Lichtzurückwerfung beruht (VII, 12), so hat man versucht, aus der beobachteten Gränze der Dämmerung nach Sonnenuntergang auf die Höhe der Schichten zu schließen, welche noch Licht zurückwerfen, wobei sich aber (wie bei anderen Versuchen) sehr von einander abweichende Ergebnisse herausstellen (4 bis $9\frac{1}{2}$ Meilen), während auch diese, wie überhaupt keine Betrachtung zur wahren Gränze führen kann. — Dazu kommt noch, daß die Schwungkraft die Atmosphäre noch mehr abgeplattet haben muß, als die Erde selbst, weil jene mit der Höhe zunimmt, übrigens kann die Abplattung eine gewisse Gränze nicht übersteigen; der Polarhalbmesser der Atmosphäre, kann nicht um mehr als um den dritten Theil des Aequatorialhalbmessers kleiner als dieser sein; der wirkliche Betrag bei der Erdatmosphäre ist ebenfalls kaum zu ermitteln (Versuche weichen von $\frac{1}{254}$ bis $\frac{1}{177}$ auseinander).

2. Die Atmosphäre ist in beständiger Bewegung begriffen, beruhend auf Ungleichheiten der Dichte, die sich mit dem Gleichgewicht einer Gasmasse nicht vertragen, und ihrerseits wieder auf Temperaturunterschieden beruhen; es gibt deren zwei Hauptarten, die senkrechten (der aufsteigende und niedersteigende Luftstrom) und die wagrechten, welche immer doppelt sind (der Oberstrom und der Unterstrom, letzterer bildet vorzugsweise unsere Winde).

Zu diesen Luftströmungen (beziehungsweise Winden) kommt noch die in den obersten Schichten vor sich gehende, für uns so gut als nicht vorhandene Fluthbewegung (VI, 9). — Ein vollkommenes Gleichgewicht könnte in der Atmosphäre blos bestehen, wenn überall in gleicher Meereshöhe die Luft gleich dicht, und jede höhere Schicht dünner als die tiefere wäre (II, 11. 17); vermöge der so großen Verschiedenheit und Manchfaltigkeit der Temperaturen ist daher jenes Gleichgewicht fortwährend gestört, und es läßt sich sogleich ermessen, welche Menge und Verwicklung die in der ganzen Atmosphäre stattfindenden Strömun-

gen darbieten müssen, wozu noch kommt, daß dieselben wieder Einfluß auf die Wärmeverhältnisse üben (XIII, 6), mithin selbst Anlaß zu neuen Luftströmungen geben (Wechselwirkung der atmosphärischen Hergänge). – Die vier Ströme, der auf- und niedersteigende, der Ober- und Unterstrom, verbinden sich in der Art zu einem Kreislauf, daß vom kälteren Ort dem wärmeren unten Luft zuströmt, während an diesem die an der Erdfläche stärker erhitzte Luft (XIII, 4) aufwärts steigt und oben nach dem kälteren Ort abfließt, um weiterhin nach gehöriger Erkältung wieder herabzusinken. — Oertliche Winde und ihre regelmäßigen Wechsel, namentlich Land- und Seewind, periodische Thalwinde, der „Unterwind" (d. h. thalaufwärts) und „Oberwind" (thalabwärts) in manchen Gebirgsthälern. — Während im Allgemeinen der Wind an der Erdfläche die Luft aus der kälteren Gegend enthält, können auch sehr heftige heiße Winde durchbrechen und die untere Stelle einnehmen.

3. Die Hauptströmung in der Atmosphäre, in welche die übrigen gleichwie Nebenströmungen einmünden, sie mehr oder weniger abändernd, ist die Doppelströmung vom Aequator zum Pol und von diesem zum Aequator; vermöge der Axendrehung der Erde aber nimmt jede Polarströmung eine östliche, und jede Aequatorialströmung eine westliche Richtung an.

Dem größten überall rund um die Erde sich erstreckenden Wärmegegensatz nach der geographischen Breite entspricht auch der großartigste und allgemeinste Luftaustausch, und in der That beruhen auf dieser Doppelströmung die Grundverhältnisse der Winde in den verschiedenen Zonen (XIV, 4). – Ohne die Axendrehung der Erde wäre es eine nördliche und südliche Luftströmung, durch jene wird die Aequatorialströmung auf der nördlichen Halbkugel ein Südwestwind, auf der südlichen ein Nordwestwind, die Polarströmung dort Nordost- hier Südostwind. — Gelangt nämlich eine Luftmasse (und ebenso ist es auch mit Wassermassen) aus höherer Breite, wo eine geringere Geschwindigkeit herrscht, in eine niedrigere Breite, wo die Drehgeschwindigkeit größer ist (III, 3), so bleibt sie gegen die dortige Luft westwärts zurück, d. h. bildet daselbst einen Ostwind; umgekehrt im entgegengesetzten Fall. Je weiter daher eine Luftströmung vom Pol zum Aequator vordringt, desto östlicher wird sie, die entgegengesetzte aber um so

westlicher. — Die Windverhältnisse des Mittelmeers (Nordwinde: Bora, Tramontano und Südwinde: Sirokko, Libeccio), ein Beispiel für das Einmünden von Nebenströmen in die Hauptströme.

4. In der heißen Zone ist im Allgemeinen der Polarstrom stets der Unterstrom, worauf die beständigen Ostwinde (Nordost und Südost) oder die Passate beruhen, die aber nur in einigem Abstand vom Aequator auf den von Pol zu Pol sich erstreckenden Oceanen rein hervortreten; und während um den Aequator her die Nord- und die Süd-Polarströmung sich verdrängen, um die veränderlichen Winde der Tropen hervorzubringen, beruhen die veränderlichen Winde der gemäßigten Zone auf unregelmäßig abwechselnder Verdrängung des Polar- und des Aequatorialstroms durch einander; dieß findet aber auch in manchen Gegenden der heißen Zone statt (am großartigsten im indischen Ocean), aber regelmäßig, so daß der Passat in der einen Hälfte des Jahrs vom entgegengesetzten Wind verdrängt wird (Jahrszeitenwinde, Monsune).

In der heißen Zone nimmt der die kältere und schwerere Luft enthaltende Polarstrom die untere Stelle ein, während der aufsteigende Luftstrom die dortige Luft in die höheren Regionen führt, wo sie polwärts abfließt; darin besteht der Passat, Nordostpassat auf der nördlichen, Südostpassat auf der südlichen Halbkugel; das Vorhandensein des oberen entgegengesetzten Aequatorialstroms (des „oberen Passats“) zeigt sich häufig an hochgehenden Wolken, wie auch am Zug vulkanischer Asche, entgegengesetzt dem Wind an der Erdoberfläche. — Die Passate der beiden Halbkugeln kommen um den Aequator selbst her in Zusammenstoß mit einander, so daß zur Zeit der nördlichen Abweichung der Sonne der Südpassat am weitesten auf die nördliche, in der entgegengesetzten Jahreszeit aber der Nordpassat am weitesten auf die südliche Halbkugel übergreift; daher die Region der veränderlichen Winde und Windstillen am Aequator. — Auf diese folgen alsdann die eigentlichen Passatregionen auf beiden Halbkugeln, welche übrigens veränderliche Polargränzen, und zwar keineswegs in den Wendekreisen selbst, haben, und nur auf den weiten Flächen der Oceane, die von Pol zu Pol reichen, rein

hervortreten, während sie im Innern der Kontinente manchfache Abänderungen und Störungen durch anderweitige Luftströmungen erfahren. — Wo überdieß tropische Meeresflächen polwärts, aber noch innerhalb der heißen Zone, von Ländern geschlossen sind, welche, trotz ihrer Lage in höherer Breite, zeitweise wärmer werden als die Meere (XIII, 3), da kann der Passat überhaupt nicht ununterbrochen wehen, sondern wird in der einen Jahreshälfte, wo jene Meere das kältere Gebiet sind, vom entgegengesetzten Wind verdrängt, d. h. auf der nördlichen Halbkugel vom Südwest, und den Uebergang bezeichnen heftige Stürme (Nachtgleichenstürme), die durch den Zusammenstoß der Luftströmungen entstehen und selbst bis in unsere Gegenden reichen; am entwickeltsten sind diese Jahrszeitenwinde in den Monsunen des indischen Oceans; ähnliche Verhältnisse bieten aber auch die übrigens kleineren Flächen des südchinesischen und westindischen Meers dar mit ihren Teifunen und Orkanen; ja auch die Fläche des Saharasandmeers mit seinen Wüstenstürmen. — Jenseits der Passatgränze das Gebiet der unregelmäßig wechselnden Winde, was theils auf Nebenströmungen, theils und vornehmlich auf dem Kampf der Polar- und Aequatorialströmung beruht; der Oberstrom aus der heißen Zone senkt sich abgekühlt herab und verdrängt den Polarstrom, sowie er wieder von diesem verdrängt wird; Vorherrschen der Aequatorialströmung (also der Südwestwinde auf der nördlichen, Nordwestwinde auf der südlichen Halbkugel) in den subtropischen, überhaupt in den wärmeren Theilen der gemäßigten Zone; weiterhin keine Regel mehr, so daß bald die eine bald die andere vorherrscht (ohne Zweifel eine Hauptbedingung für die Ungleichheit der Jahrgänge XIII, 6). — Das übrigens durch manche Rücksprüngee übertretene Drehungsgesetz, welches unserem Windwechsel zu Grunde liegt; von Nord durch Ost, Süd und West zum Nord zurück.

5. Die Atmosphäre ist ein Gemenge aus zwei Gasen unter überall und stets gleichem Mengverhältniß ($^1/_5$ Sauerstoff, $^4/_5$ Stickstoff); dazu kommen veränderliche und verschieden vertheilte Gasbeimischungen (besonders Wasserdampf und Kohlensäure).

Die Erhaltung des Sauerstoffgehalts trotz des beständigen Sauerstoffverbrauchs durch Verbrennungsprozeß und thierisches Leben beruht auf der Wiederausscheidung desselben aus der Kohlensäure durch die Pflanzen (XI, 5). — Das Verhältniß

1 : 4 bezieht sich zunächst auf den Rauminhalt, ist aber auch nahezu das Massenverhältniß, da Stickstoff um wenig leichter als Sauerstoff (genauer 21 : 79). — Wasserdampf erzeugt sich stets durch Verdunstung sowie auch durch Verbrennungsprozeß, Kohlensäure durch letzteren und das thierische Leben; daher sind diese immer in größeren aber veränderlichen und im Vergleich mit jenen beiden Grundbestandtheilen wieder unbedeutenden Mengen vorhanden; nach durchschnittlichen Verhältnissen kommen von den $337^{1}/_{2}$ Pariserlinien, welche der mittlere Barometerstand am Meeresspiegel (XIV, 10) beträgt, 2,1 auf den Wasserdampf, 0,2 auf die Kohlensäure, während auf den Sauerstoff 84,6 und auf den Stickstoff 250,6 kommen, nämlich nach dem Daltonschen Gesetz über den Druck der Gasgemenge (II, 18). — Von anderen Gasen, welche theils aus der Erde sich entwickeln (XII, 9), theils bei anderweitigen Processen (z. B. das Ammoniak bei Fäulniß XI, 8) entstehen, verbreiten sich allerdings Spuren in der gesammten Atmosphäre, allein sie verschwinden zu sehr in der Masse, als daß die chemische Kunst sie anders als vorübergehend und örtlich entdecken könnte (so auch Spuren von Kochsalz an Küsten, von Salpetersäure im Gewitterwasser); die Miasmen (?).

6. Das meteorische Wasser ist in stetem Wechsel zwischen Verdampfung und Niederschlag begriffen; die Menge des (aufgelösten) Wasserdampfs (Feuchtigkeitsgrad der Atmosphäre) hängt von der Temperatur ab; für jede gibt es ein Größtes von Dampfgehalt (Sättigungspunkt), und die geringste Erniedrigung derselben hat Niederschlag zur Folge (Thaupunkt).

Um den beziehungsweisen Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurtheilen, ist daher der Sättigungspunkt oder der Thaupunkt für die bestehende Temperatur zu ermitteln, und darauf beruht die Hygrometrie, sei es durch das Danielsche Hygrometer oder durch das Augustsche Psychrometer; jenes gibt zunächst den Thaupunkt, dieses den Sättigungspunkt an. — Durch die Tafeln über die Spannkräfte des Dampfs bei den verschiedenen Temperaturen (VIII, 2) erfährt man sofort, wieviel vom Luftdruck auf Rechnung des Wasserdampfs kommt, mithin wie sich die Menge des Wasserdampfs zur Luft verhält. Hydroskopische Stoffe (Schwinden und Schwellen). — Je größer die Verdunstung, desto größer die Feuchtigkeit an und für sich, also bei Tag größer als bei

Nacht, im Sommer größer als im Winter; je größer aber die Lufttemperatur im Vergleich mit dem Wassergehalt, desto größer die beziehungsweise Trockenheit, daher ist im Allgemeinen Nachmittags und im August die Luft verhältnißmäßig am trockensten, Morgens und im December aber am feuchtesten. — Der jährliche Betrag der Verdunstung für einen gegebenen Raum ist schwer zu ermitteln (in Deutschland soll von einer Wasserfläche im Schatten eine Schicht von 20 bis 24 Zoll, in der Sonne eine Schicht von 60 bis 65 Zoll Dicke jährlich verdunsten). Was die Verdunstung auf der ganzen Erde betrifft, so muß die Verdunstung der Meere dem Wasserzufluß ungefähr Gleichgewicht halten; ferner glaubt man das zu Land verdunstende Wasser für die größere Hälfte des aus der Atmosphäre niedergeschlagenen Wassers halten zu dürfen.

7. Der überhaupt durch Abkühlung bewerkstelligte atmosphärische Niederschlag findet entweder am Erdboden statt, wenn dieser der Sitz der Abkühlung ist (Thau, Reif), oder in freier Luft, wenn die Luft selbst abgekühlt wird, sei es in den unteren (Nebel) oder oberen Schichten der Atmosphäre (Wolken); dieser Niederschlag besteht zunächst aus Bläschen mit außerordentlich dünnen Wasserwänden, deren Verdichtung vermöge der Schwere erst Regen (beziehungsweise Schnee) zur Folge hat.

Thau ist dieselbe Erscheinung wie das Beschlagen der Fensterscheiben u. dgl.; die Abkühlung der bethauten Bodenfläche aber beruht auf der nächtlichen Wärmeausstrahlung, daher in hellen (unbewölkten) Nächten reichlicher Thau, und stellenweise um so mehr, je besser die Oberflächen ausstrahlen (VIII, 8). — Daß Wolken und Nebel dieselbe Form des Niederschlags sind, davon überzeugt man sich durch Erhebung in die Wolkenregion in Gebirgen; es ist dieselbe Form oder derselbe Zustand, die dem Rauch oder den „Dampfwolken" zukommt, welche über Siedgefäßen sich entwickeln. Bei dem Schweben dieser Dunstbläschen (sowie feiner Eisnadeln) in der Luft wirken verschiedene Ursachen zusammen, wie die bei dem Niederschlag frei werdende Wärme, Widerstand der Luft, Wind und aufsteigender Strom, wie ja auch Staub und Asche sich längere Zeit in der Atmosphäre erhalten. Dazu kommt, daß es keineswegs stets dieselben Bläschen sind, welche eine Wolke bilden, daß vielmehr eine solche in

beständiger Veränderung, Wiederauflösung und Neubildung der Bläschen begriffen ist, daß es auch häufig in höheren Regionen zur Tropfenbildung kommt, die sich aber in den niedrigeren Schichten wieder auflösen (das sogenannte Verschmelzen der Gewitterwolken), und daß erst die Verdichtung der Dämpfe durch die ganze unterhalb befindliche Luftschicht sich verbreiten muß, wenn die Tropfenbildung von oben nach unten gehörig fortschreiten soll (bis zu Wasserfäden, Strömen), während höchst selten gleich bei beginnendem Niederschlag das Herabfallen eintritt (Regentropfen aus heiterem Himmel). — Die verschiedenen Formen der Wolken; Flockenwolke (Cirren, die höchsten bei uns bis zu 20 und 30 Tausend Fuß), Haufenwolke, Schichtenwolke, Regenwolke (die tiefsten Gewitterwolken bei uns 2 bis 5 Tausend Fuß, auch in den Tropen, wo die Wolkenhöhe größer, wie sie bei uns im Sommer größer als im Winter ist, nicht über 10000 Fuß). — Die der Wolkenbildung zu Grunde liegende Abkühlung der Luft beruht theils auf Entziehung der Sonnenwärme (Nachtwolken), theils und vornehmlich auf Mengung von Luftmassen von verschiedener Temperatur und Dampfgehalt, sei es, daß wärmere und dampfreichere Luft in kältere Räume gelangt (so durch den aufsteigenden Luftstrom in höhere Regionen, sowie durch Winde aus wärmeren in kältere Gegenden), sei es daß kältere Luft durch Strömungen in wärmere Gegenden gelangt, wo die Luft mit Dampf nahezu gesättigt ist. — Bei der Nebelbildung ist das Verhältniß der Temperatur das geradezu umgekehrte von dem bei der Thaubildung, hier Boden kälter, die benachbarte Luft wärmer, dort der Boden und das Wasser wärmer und die umgebende Luft kälter; daher die Herbstnebel, weil um diese Jahreszeit der Boden und die Gewässer durchwärmt sind (XIII, 2. 3), die Dämpfe daher alsbald über der Oberfläche sich niederschlagen; die örtlichen Nebel an feuchten Stellen, über Wassern in der Tiefe, sowie in der Höhe die Nebelkappen der Berge bei sonst heiterem Himmel. Das Steigen des Nebels, eine nach oben fortschreitende Nebelbildung bei allgemeinem großem Dampfgehalt, das Sinken, eine von oben her fortschreitende Auflösung des Niederschlags, Wiederverdampfung bei trockenem Luftzustand. — Der trockene Nebel, Höherauch; bei brenzlichem Geruch ohne Zweifel Folge von Verbrennungsprocessen auf der Erdoberfläche und dann örtlich; sonst vielleicht eine Art Steigerung des duftigen Horizonts? — Die Formen des Regens (nach Verbreitung und Massigkeit; Wolkenbruch u. dgl.); die verschiedenen Ergüsse gefrorenen

Wassers, der Schnee mit seiner Krystallgestalt, die Graupeln, der Hagel; letzterer meist im Gefolge der Gewitter ist wahrscheinlich nur die gesteigerte Form der Graupelerscheinung (oder Riesel, kugliger aus größerer Höhe herabkommender Schnee) und beruht auf Verdunstungskälte in den oberen Luftschichten (Verdunsten und Gefrieren nebeneinander, wie bei dem Luftpumpeneis).

8. Ein gewisses Gleichgewicht zwischen dem Wassergehalt und der Temperatur der Luft, vermöge dessen es nie zur Sättigung kommt (XIV, 6), bedingt die Zeiten der Heiterkeit (oder wenigstens des Nichtregnens, wenn auch bei bewölktem Himmel), während die Regenzeiten entweder auf dem Uebergewicht des Wassergehalts oder der Abkühlung beruhen; hiernach erklären sich insbesondere die Jahrszeitenregen (Sommerregen in den Tropen, Winterregen in den subtropischen Erdräumen), sowie die regenlosen Gegenden der Erde.

Im Inneren der heißen Zone treten tägliche Gewitterregen im Sommer ein, d. h. zur Zeit des senkrechten Sonnenstandes, weil es dann durch die überwiegende Verdampfung zur Sättigung kommt, und sofort, vermöge des hier stets und im höchsten Grad vorhandenen aufsteigenden Luftstroms (XIV, 2), gewitterbildender (IX, 14) Niederschlag in den höheren Luftregionen eintritt (Regelmäßigkeit dieser täglichen Gewitter, gewöhnlich nach der Kulmination der Sonne); im Winter dagegen herrscht in diesen Gegenden jenes keine Sättigung der Luft zulassende Gleichgewicht. — Umgekehrt in den subtropischen Ländern; hier ist die Sommertemperatur eben von der Art, die Sättigung zu verhindern, während im Winter die Abkühlung schon so groß wird, daß der Dampfgehalt der Luft (zumal bei den herrschenden Winden, die aus wärmeren Gegenden kommen XIV, 4) mit ihr sich nicht mehr verträgt. — Regenlose Gegenden (wo Regen, ja selbst Wolken eine Seltenheit) beruhen theils auf Mangel an atmosphärischem Wasser im Verhältniß zu der hohen Temperatur (die großen Sandwüsten), theils auf der Lage der betreffenden Länder hinsichtlich der herrschenden Winde (so die Westküsten in der Passatregion, namentlich Peru); die Winde sind nämlich überhaupt trocken oder feucht, je nachdem sie über weite Strecken Landes oder Meeres streichen. — Ebendaher erklärt sich der Gegensatz der Ost- und Westküsten im Gebiet der Jahrs-

zeitenwinde (namentlich im Dekan, wo die Regenzeit der Ostküste die Trockenzeit der Westküste und umgekehrt).

9. Bei uns, überhaupt in den Erdräumen des unregelmäßigen Windwechsels und bedeutender Temperaturgegensätze, sind es vornehmlich die Winde, welche die ebenfalls regellos wechselnden Zeiten der Heiterkeit und des Regens bedingen, sofern sie einerseits trockene oder warme, andererseits feuchte oder kalte Luft herbeiführen; doch fehlt bei uns auch der gewitterbildende Einfluß des aufsteigenden Luftstroms nicht, und den Gewittern kommt wiederum eine namhafte Rückwirkung auf Wind und Wetter zu.

Die plötzliche Abkühlung in der oberen Luft, welche Gewitterwolken erzeugt, und in Verbindung mit der Verdunstungskälte (durch Wiederverdunstung der Regentropfen) die Hagelbildung veranlaßt, ist auch Ursache der Gewitterstürme, und alle diese Umstände zusammen bedingen die abkühlende Wirkung der Gewitter (Pankratiuskälte). — Wie hier Gewitter von Stürmen begleitet, so treten bei den auf Zusammenstoß verschiedener Luftströmungen beruhenden Orkanen der heißen Zone als Folge auch Gewitter auf (Sturmgewitter); die Wettersäulen und Wirbelwinde (Wasser-, Sandhosen). — Welche Winde mit Regen, welche mit Heiterkeit verbunden sind, hängt ganz von der Lage eines Orts ab, Landwinde und Seewinde (vgl. XIV, 3); indessen ist auch zu bedenken, das die Unterscheidung der „Gutwetter- und Regenwinde“ überhaupt nicht durchgreifend ist, denn gemäß (XIV, 7) kann jeder Windwechsel durch die Mischung ungleicher Luftmassen Niederschlag veranlassen, und umgekehrt kann bei jeder länger anhaltenden Windrichtung heiteres Wetter eintreten, indem hiebei jenes Gleichgewicht sich einstellt (XIV, 8).

10. Die Veränderungen des Luftdrucks, welche das Barometer mißt, sind Schwankungen um einen mittleren Betrag (mittlerer Barometerstand eines Erdorts), theils periodische, theils unregelmäßige mit einem Spielraum, welcher sowohl nach der Jahreszeit, als nach der geographischen Lage verschieden ist (in höheren Breiten größer); sie rühren her theils von Veränderungen des Dampf-

gehalts, theils von den Bewegungen und Temperaturveränderungen der Luft.

Da der Wasserdampf mit seinem Druck den Luftdruck vermehrt (II, 18), so wird dieser durch Niederschlag des Dampfs vermindert; der durch Temperaturerhöhung veranlaßte aufsteigende Luftstrom vermindert als solcher den Luftdruck, welche Verminderung übrigens häufig mit der Vermehrung sich ausgleicht, die auf der zugleich vermehrten Verdunstung beruht. — Da ferner überhaupt alle Luftströmungen auf gestörtem Gleichgewicht der Luft beruhen, und diese Störung vor Allem im Luftdruck sich zeigen muß, so ist eine Aenderung desselben bei jeder Windänderung zu erwarten; der Druck der wagrecht bewegten Luft ist im Allgemeinen kleiner als der Druck der ruhenden, und um so kleiner, je heftiger die Bewegung (daher die besonders tiefen Barometerstände bei Sturm); der sanfte Wind aber (bei dessen nie fehlendem Stattfinden wir die Atmosphäre für ruhig erklären) wird den Druck vermehren oder vermindern, je nachdem er (bei gleicher Stärke der Bewegung) leichtere (wärmere) Luft herbeiführt oder schwerere (kältere). — Die regelmäßigen periodischen Schwankungen hängen mit den Wärmeperioden (XIII, 1) zusammen, werden aber bei uns durch die unregelmäßigen größeren Schwankungen (die hauptsächlich von den unregelmäßigen Windwechseln und den damit zusammenhängenden ebenso regellosen Veränderungen des Dampfgehalts herrühren) verwischt, so daß nur die täglichen deutlicher hervortreten (am meisten in den Tropen, wo die sonstigen Veränderungen unbedeutender sind; die sogenannte barometrische Fluth und Ebbe, aber wohl zu unterscheiden von der eigentlichen atmosphärischen Fluth-Ebbe VI, 9). — Der Spielraum ist in der kälteren Jahreszeit größer, und ebenso in den kälteren Erdräumen, wo auch der Spielraum der Temperatur größer (in der heißen Zone wenige Linien, bei uns 2 Zoll und darüber), also im Allgemeinen mit der Breite zunehmend, doch nicht genau, so wenig als die Temperatur. — Auch der mittlere Barometerstand in gleicher Meereshöhe ist nicht überall derselbe, selbst wenn man die Verschiedenheit der Schwere (VI, 6) in Rechnung gebracht hat; so insbesondere der mittlere Barometerstand im Meeresspiegel selbst, welcher mit der geographischen Breite zuerst zunimmt, weiter polwärts aber wieder abnimmt, sei es daß man den Einfluß des nach der Breite verschiedenen Dampf-

gehaltes mit einrechnet oder abrechnet (im ersten Fall am größten in den subtropischen Erdstrichen, im zweiten in Mitte der gemäßigten Zone), und von dieser Erniedrigung des Luftdrucks in den wärmeren Erdstrichen liegt die Ursache hauptsächlich in dem hier stets geschäftigen aufsteigenden Luftstrom. Wenn man daher gewöhnlich den Barometerstand im Meeresspiegel zu 28 Pariserzoll (genauer $337\frac{1}{2}$ Linien) angibt, so ist dieß eigentlich ein geographisches Mittel der mittleren Barometerstände. — Aus Allem geht hervor, daß die Schlüsse vom Barometerstand auf das nächstkünftige Wetter sehr unsicher sind, und daß die Anzeigen des „Wetterglases“ nur in Verbindung mit den Anzeigen des Thermometers, Hygrometers und der Windfahne zu einiger Zuverlässigkeit erhoben werden können.

XV. Das Weltmeer.

1. Den bei weitem größeren Theil des Erdbodens (fast $^3/_4$ der Gesammtoberfläche) nehmen große Einsenkungen (Becken) ein, angefüllt mit mineralhaltigem Wasser; unter diesen Mineralstoffen nimmt Kochsalz die erste Stelle ein; der dem Meerwasser ursprünglich zukommende Salzgehalt ist übrigens in verschiedenen Meeren verschieden.

Außer Kochsalz (Chlornatrium) andere Chlorsalze (wie Chlormagnesium und Chlorcalcium), schwefelsaure Salze (wie schwefelsaures Natron, Talkerde und Kalkerde), kohlensaure Salze, auch Kalisalze, sowie Brom- und Jodsalze (man gewinnt diese Stoffe, Brom und Jod, aus Meerpflanzen); nicht alle diese Stoffe in jedem Meer; Salzgehalt vermehrt durch Verdampfung ebensowohl als durch Eisbildung, sehr gering in Binnenmeeren, die viel Flußwasser aufnehmen (stärkste Salzgehalte nicht viel über 4 Procent, kleinste $^3/_4$ Procent). — Die Salzigkeit, nicht sowohl aus Steinsalzlagern auf dem Meeresgrunde zu erklären, indem vielmehr die Salzlager des Festlands von ehemaligen Meeresständen (XVIII, 6) herrühren, sondern als ursprüngliche Eigenschaft des Meerwassers anzusehen.

2. Das Meer bildet eine zusammenhängende Wasserfläche (bis auf einige ganz von Land eingeschlossene Meeresbecken, wahrscheinlich Reste vorzeitlicher

Meeresstände), mit im Allgemeinen gleich hohem Stand (der gemeinsame Meeresspiegel), wovon nur geringe Abweichungen vorkommen, und welcher sich (soweit die Erfahrung reicht) unveränderlich erhält.

Große Landseen, wie das kaspische Meer, das ehedem nicht nur mit dem Aralsee zusammengehangen, sondern überhaupt einen viel größeren Raum eingenommen hat (seine Gestade liegen etwa 300 Fuß unter dem jetzigen allgemeinen Meeresspiegel), sind ohne Zweifel als eigentliche Meeresbecken zu betrachten, die auf einen vorzeitlichen, wesentlich anderen Meeresstand hinweisen (eine andere Vertheilung von Land und Meer). – Wenn von gemeinsamem Meeresspiegel oder gleichhohem Stand der Meere die Rede ist, so heißt dieß bei kugelförmiger Erde, daß alle Punkte aller Meere von der Erdmitte gleichweit entfernt seien, bei sphäroidischer Erde aber (IV, 5), daß die Spiegel aller Meere eine und dieselbe ellipsoidische Fläche um die Erdmitte bilden. – Dieß ist nun aber blos annähernd der Fall, schon den Bewegungen der Meere (Fluthen, Wogen) gemäß, aber auch abgesehen von diesen gibt es Spiegelunterschiede von einigen Fuß, welche manchmal durch förmliche örtliche Wasserabflüsse sich kund geben (z. B. der Bosporusstrom, in welchem das Wasser des Pontus abfließt); andere Spiegelunterschiede zu beiden Seiten einer Landenge haben sich durch Unterschiede der Fluth-Ebbe an beiden Gestaden erklärt (z. B. im westindischen Meer und großen Ocean). – Da der gleichhohe Stand in verschiedenen verbundenen Gefäßen (II, 13) einerlei Dichte voraussetzt (sowie er auch alle beständigen Zuflüsse und Abflüsse und Bewegungen ausschließt): so kann auch aus theoretischen Gründen der gemeinsame Meeresspiegel nur annähernd eingehalten sein; denn die Verschiedenheit in Temperatur und Mineralgehalt bedingt kleine Unterschiede in der Dichte, wie auch die Wasserzufuhr zumal im Verhältniß zu den Flächeninhalten der Meere ungleich ist; solche von der Wasserzufuhr (und sonstigen Bewegungen) herrührende Spiegelunterschiede streben sich alsdann durch Strömungen (oder Wellenfortpflanzung) fortwährend auszugleichen. – Da man zwar örtliche Strandverschiebungen, aber keine allgemeinen kennt, so können einmal jene nicht auf Veränderung des Seespiegels beruhen (vgl. XII, 10); alsdann folgt daraus die Unveränderlichkeit des allgemeinen Meeresspiegels, und diese beruht auf einem fortwährenden, seit

Menschengedenken sich erhaltenden Gleichgewicht zwischen Wasserzufuhr und Verdunstung.

3. Die Tiefe des Meers ist natürlich sehr verschieden, aber es liegen wenig Beobachtungen über die Tiefen des offenen Oceans vor, die man meistens unergründlich gefunden; doch vereinigen sich viele Gründe für die Annahme, daß die größten Meerestiefen ungefähr einerlei Größenrang mit den höchsten Landeserhebungen über den Meeresspiegel haben (d. h. etwa 25 bis 30 Tausend Fuß); mit der Tiefe nimmt Druck und Dichte zu, jener sehr bedeutend, diese nur wenig.

Ergründet ist das Meer an den verhältnißmäßig seichteren Stellen; die bisherigen Messungen erstrecken sich zu der Tiefe von 10 und 12 Tausend Fuß, bei welcher man im Ocean meistens noch keinen Grund gefunden hat (Messungen von Roß im südatlantischen Ocean bis zu 24000 Fuß?). — Der Druck nimmt nach (II, 14) in den Wassermassen der Meere proportionirt der Tiefe zu (soweit man von der nach innen zu abnehmenden Schwere (II, 2) absehen darf, was übrigens für den im Verhältniß zum Erdhalbmesser jedenfalls unbeträchtlichen Betrag der Meerestiefen nicht viel ausmacht); bei 6000 Fuß Tiefe ergibt sich ein Druck von 200 Atmosphären, für 30000 Fuß also wieder das 5fache von jenem u. s. w. Die Erfahrung mit versenkten Korkflaschen. Bei der geringen Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten überhaupt (II, 11) nimmt die Dichte zwar fortwährend mit dem Druck zu, aber nur unbeträchtlich, so daß sich, den Erfahrungen über Zusammendrückbarkeit des Wassers gemäß, für die Tiefe von 30000 Fuß noch kaum die Dichte einer gesättigten Salzsoole ergäbe. — Das Gleichgewicht des Meers, d. h. der Umstand, daß es, namentlich in Folge der Flutherregung (VI, 8 und XV, 5), nur in kleinen Schwankungen begriffen ist, nicht aber das Land überschwemmt, setzt zweierlei voraus, einmal daß die Tiefe ein sehr kleiner Bruchtheil vom Erdhalbmesser, alsdann daß seine Dichte kleiner sei, als die mittlere Erddichte, und zwar dergestalt, daß die eine dieser Bedingungen die andere nach sich zieht. Dazu kommt, schon daß die Hebungen und Senkungen der Erdrinde sich einigermaßen entsprechen dürften (von welchen die Meeresbecken und Hochländer herrühren XVIII, 6), besonders aber, daß noch eine beträchtlich dicke Schicht den Meeresgrund von dem unterirdischen

Feuer trennen muß, weil sonst die Temperaturverhältnisse des Meeres (vgl. XIII, 3) ganz anders sein müßten. — Da man die mittlere Tiefe der Meere, zumal im Verhältniß zu ihrer Ausdehnung, so gar noch nicht kennt, so kann auch kaum die Rede sein von dem Rauminhalt und von der Masse des Wassers, und es ist eine nur sehr ungefähre Schätzung, wenn man den Inhalt des Oceans zu $1/_{578}$ (das aus dem Wasser hervorragende Festland aber zu $1/_{3254}$) vom Inhalt der Erde anschlägt, sowie die Angabe, daß alles Land, ins Meer geworfen, dessen Spiegel nur um 240 Fuß erhöhen würde (Berghaus physikalischer Schulatlas).

4. So unbekannt (wenn schon die Tiefe) vollends die Beschaffenheit des Meeresbodens ist, so ist man doch anzunehmen berechtigt, daß er ähnliche Unebenheiten zeigt, wie der aus dem Wasser hervorragende Erdboden (untermeerische Gebirge, welche in den oceanischen Inseln hervorragen), sowie auch große stoffliche Unterschiede (wie Fels, Schlamm, Wasserpflanzen und zwar in ungeheuren Wäldern).

Die hohen vulkanischen und die niedrigen flachen Inseln. Beide Arten der oceanischen Inseln in größter Zahl und Verbreitung im tropischen Theil des großen Oceans, in welchem man daher eine wahrhafte große Gebirgszone annehmen zu dürfen scheint, wobei die niedrigen von Korallenbauten auf dem Grund untermeerischer Höhen herrühren (die Pflanzenthiere). — Höchst ungleiche Vertheilung der Inseln (der atlantische und große Ocean, das schwarze und ägäische Meer). — Der ohne Zweifel höchst reichen Pflanzenwelt des Oceans steht eine außerordentliche Thierfülle zur Seite, und zwar in allen Breiten.

5. Die Fluth-Bewegung des Meers besteht aus unzähligen kleinen Bewegungen der einzelnen Wassertheilchen, welche sich wellenförmig von Ost nach West fortpflanzen; durch die mannigfaltigen Widerstände, welche die Küsten dieser die Erde stets umkreisenden Fluthwelle entgegensetzt, wird die regelmäßige Vertheilung der Fluthen und Ebben auf der Erdoberfläche wesentlich abgeändert, sowie der Gang

der Erscheinung an jeglichem Küstenort (nach Eintrittszeit und Höhe der Fluthen).

Man vgl. (VI, 8) über die Ursache der Fluthbewegung, die hiernach aus dem Bestreben aller einzelnen Wassertheilchen hervorgeht, nach dem Punkt der Erdoberfläche sich zu begeben, in dessen Zenith jeweilig der Mond oder die Sonne steht, oder nach dessen Antipodenpunkt, also theils von der Erdmitte weg, theils der Oberfläche entlang sich zu verschieben; indem nun jene Weltkörper vermöge der Axendrehung der Erde von Ost nach West vorrücken, so rückt der Zielpunkt jener Bewegungen in derselben Richtung fort, und es ist so, als ob eine ungeheure „Fluthwelle“ und zwar eine gedoppelte (Sonne und Mond) die Erde täglich umkreiste. — Wäre nun die Erde ganz mit Wasser bedeckt, so wäre in jedem Augenblick entlang einem bestimmten vollen Meridian rund herum höchster Wasserstand (Fluthmeridian), und gleichzeitig dem ihn rechtwinklig schneidenden Vollmeridian entlang niedrigster Wasserstand (Ebbemeridian), dergestalt daß die Erdfläche durch diejenigen Meridiane, welche die Winkel des Fluth- und des Ebbemeridians halbiren, in 4 Viertel abgetheilt wäre (zwei Fluthberge und zwei Ebbethäler), und jedes dieser Viertel würde regelmäßig mit Mond und Sonne von Ost nach West fortrücken, aber keineswegs so, daß die ganze Wassermasse täglich die Erde umkreiste, sondern so, daß, während das meiste Wasser an seiner Stelle bleibt, nur ein verhältnißmäßig kleiner Theil aus den jeweiligen Ebbevierteln in die Fluthviertel übergeht; auch hat man berechnet, daß unter obiger Voraussetzung ein Fluthviertel etwa 100 Kubikmeilen mehr Wasser enthielte als ein Ebbeviertel, daß mithin, wenn nach ungefähr 6 Stunden die beiden Viertel bei der Fortschreitung nach Westen sich vertauscht haben, 200 Kubikmeilen von jenem in dieses übergegangen wären; endlich wäre jedem Vollmeridian entlang der Wasserstand derselbe. — Vermöge der Hemmungen aber, welche das Festland der Fluthwelle entgegensetzt, weichen nunmehr die Linien gleichzeitiger Fluthen (Isorrhachien) bedeutend von den Meridianen ab, und Eintrittszeit, sowie Höhe der Fluthen an einem Erdort ist nicht nur durch seine Lage überhaupt bedingt, sondern auch durch die hier stattfindende Vertheilung von Land und Meer (ob z. B. eine Bucht oder ein Meereskanal an seinem östlichen oder westlichen Ende mit dem Ocean zusammenhängt; so tritt am östlichen Ende des britischen Kanals die Fluth um

6 Stunden später ein als am westlichen, und in der Bucht von St. Malo, die westlich offen, nördlich und östlich geschlossen ist, stauen sich die Fluthen zu einer Höhe von 50 Fuß). — Besondere Erscheinungen: die Fluthbrandungen an zerrissenen Küsten (Malstrom, Charybdis); Fluthlosigkeit eingeschlossener Meere von mäßigem Umfang (weil die kleinen den Gezeiten zu Grunde liegenden Wasserbewegungen nur merklich und bedeutsam werden, wenn sie eine große zusammenhängende Wassermasse betreffen); Einfluthigkeit, d. h. Aufhebung der einen von den beiden täglichen Fluthen (durch eine Art Interferenz zweier Fluthwellen) in Nebenmeeren mit doppeltem Eingang (z. B. im Tonkingolf); die Stromfluthen (am großartigsten im Amazonenstrom mit katarrhaktartigen Erscheinungen).

6. Das Meer ist in fortwährenden höchst mannigfaltigen Bewegungen begriffen, die theils in der Fluth-Ebbe, theils in Temperatur- und Spiegel-Unterschieden, theils in äußeren Anstößen (zumal von Winden und Stürmen) ihre Ursache haben und auf zwei Hauptarten zurückkommen, die senkrechten (auf- und niedersteigende Ströme und Wellenschlag) und die wagrechten oder die Meeresströmungen (Ober- und Unterströme, Strömungen und Gegenströmungen).

Auch ohne allen Windstoß erregt die Fluthbewegung den Wellenschlag des Meeres, welcher daher nie fehlt; das Ansteigen des Wassers geht unter beständigem Hin- und Herschwanken vor sich, vermöge der Stöße des Wassers gegen das Land; Steigerung durch Wind und Sturm (Wogen); das heftigste Meereswogen erstreckt sich nur in sehr mäßige Tiefen (kaum bis 60 Fuß nach den Aussagen von Perlfischern). — Die auf- und niedersteigenden Strömungen beruhen lediglich auf Temperaturunterschieden in den oberen und unteren Wasserschichten, sei es bei Erwärmung von unten, was selten vorkommt, sei es bei Erkältung von oben, was häufig der Fall ist und damit endet, daß das kältere dichtere Wasser unten sich befindet (vgl. XIII, 3). — Oertliche Strömungen, besonders an Meerengen, beruhen häufig auf Spiegelunterschieden (XV, 2); indeß darf man nicht aus jedem Straßenstrom auf Spiegelunterschiede schließen, namentlich z. B. nicht bei der Strömung von Gibraltar aus dem atlantischen ins Mittelmeer, vielmehr scheint sich dieselbe durch eine, aber in größerer Tiefe befindliche Gegenströmung (einen

Unterstrom) auszugleichen; daß aber überhaupt an so bedeutenden Verengungen des Meers die allgemeine Bewegtheit des Wassers in förmliche Strömungen übergeht, ist begreiflich. — Auch Winde, zumal die beständigen, haben Strömungen zur Folge, die sogenannten Triftströmungen. — Bei den allgemeinen und großen Meeresströmungen aber wirkt vor Allem die Fluth, ihre Fortschreitung von Ost nach West begründet die große allgemeine ostwestliche Strömung der Oceane (die große Aequatorialströmung); dazu kommen die großen Temperaturunterschiede, vermöge deren allgemeine Unterströmungen von den Polargegenden nach den Tropen stattfinden (was zu den niedrigen Temperaturen auch der Tropenmeere in größeren Tiefen wesentlich beiträgt), und alle Polarströmungen erleiden durch die Axendrehung eine östliche Ablenkung, wie die Polarwinde (XIV, 3).

7. Die schon nach ihren Ursachen (XV, 6) mannigfaltigen Strömungen des Weltmeers werden noch verwickelter durch das Zusammentreffen unter einander und mit den Küsten, wodurch sie nach Richtung, Stärke und Ausdehnung vielfach abgeändert werden; und der durch sie vor sich gehende Wasserumsatz ist nicht nur für die Verhältnisse der Meere selbst von Bedeutung, sondern hat auch einigen Einfluß auf das Klima (wegen der Temperatur der Strömungen).

Nach den Gesetzen des Stoßes gehen aus dem Zusammentreffen der Strömungen mit den Küsten neue Strömungen hervor (z. B. westöstliche, nördliche und südliche aus der allgemeinen Aequatorialströmung); Verengerung einer Strömung in Meerengen vermehrt ihre Tiefe und Geschwindigkeit (nach Art der Stromschnellen XVI, 9) u. dgl. — Das verwickelte System der Meeresströmungen ist zur Zeit noch unvollkommen bekannt; sie sind nach Breite (die bis zu Hunderten von Meilen gehen kann), Tiefe, Länge und Geschwindigkeit sehr verschieden, höchst bedeutsam für die Schifffahrt als natürliche Wasserstraßen. — Sie sind von Belang für die äußeren Wärmeverhältnisse der Erde; sie tragen wesentlich bei zur Gleichmäßigkeit der Meerestemperatur (XIII, 3), indem sie Wasser aus verschiedenen Weltgegenden und Zonen mischen, und dieß erstreckt sich selbst auf die Lufttemperatur, wenn eine mächtige Strömung fortwährend warmes Wasser in kältere, oder kälteres Wasser (nebst

Treibeis, Eisinseln) in wärmere Erdstriche führt. — Der warme und reißende Golfstrom, dessen Temperatur die seiner Umgebung um mehrere Grade übertrifft (entstanden aus der Spaltung der Aequatorialströmung des atlantischen Oceans an der brasilischen Küste in einen südlichen Zweig und einen nördlichen, der sofort in das amerikanische Mittelmeer mit seinen Meerengen geräth und als Golfstrom herauskommt), und der peruanische Kaltwasserstrom (um viele Grade kälter als die Umgebung), der aus der antarktischen Strömung herstammt, die vom Südpolarmeer zwischen Südamerika und Australien ausgeht. — Das Treibeis der Polarströmungen, schwimmende Eisinseln.

XVI. Das Land (und seine Gewässer).

1. Das in einer Unzahl kleiner (Inseln) und in zwei großen Massen (Landvesten) aus dem Weltmeer hervorragende Land gränzt sich auf mannigfaltige Weise gegen das Meer ab, wodurch besondere Theile, sogenannte Glieder des Landes (Halbinseln) und des Meeres (Zwischenmeere) entstehen, und erhebt sich in verschiedenen Stufen über den Meeresspiegel (Hochland, Mittelstufenland oder schlechtweg Stufenland, Tiefland).

Die verschiedene Gestaltung der Küsten, Steil- und Flachküsten, zerissene Küsten. — Die oceanischen Inseln (XV, 4) und Gestadeinseln; letztere müssen noch als gleichsam losgetrennte Glieder des benachbarten Festlands gelten, sei es daß sie wirklich durch Meeresdurchbrüche losgerissen worden sind, oder daß es zu keiner Vereinigung gekommen ist (vgl. XVIII, 6). — Verschiedene Formen der Halbinseln (in weitestem Sinn): Landengen, Vorgebirge, Beinahinseln, die den Uebergang zu den Gestadeinseln machen; entsprechende Formen der Zwischenmeere: Kanäle (Meerengen), Meerbusen, Beinahseen (Binnenmeere, im strengen Sinn eigentlich nur die XV, 2 erwähnten großen Salzwasserseen, die mit dem Meer in keiner Verbindung mehr stehen). — Nach diesen Bildungen beurtheilt man die Gliederung eines Welttheils oder kleineren Landes, und stellt ihr häufig, als der wagrechten Gliederung, die senkrechte Gliederung gegenüber, d. h. die Art, wie hohes und niederes Land abwechselt, oder wie sich das Land stufenweise über das

Meer erhebt, von den niedrigsten Räumen (Tiefland) bis zu den höchsten Anschwellungen (Hochland). — Die Grundformen des hohen Landes (Berg, Hochplatte) wiederholen sich im Großen in den verschiedenen Formen der zusammengesetzten Hochländer, den Gebirgsländern und Tafelländern, je nachdem bei der Zusammensetzung aus den Grundformen die eine oder andere derselben vorherrscht, während alle bereits eine Abwechslung höherer und niedrigerer Räume (Berg und Thal) in sich begreifen. — Mittlere Erhebung eines Landesraums über das Meer, wobei auf die wagrechte Ausdehnung der einzelnen Stufen Rücksicht zu nehmen ist, indem man sich den Rauminhalt der verschiedenen Gebirge, Hochflächen u. s. w. gleichmäßig über die ganze Oberfläche jenes Landes oder Welttheils vertheilt denkt; man kann alsdann nach der Meereshöhe des Schwerpunkts dieser Landmassen (aber abgesehen von der verschiedenen Dichte der Gesteine) fragen, wobei sich für Europa, Nordamerika, Südamerika, Asien die Zahlen 630, 700, 1060, 1080 ergeben haben (wenn man sich z. B. das Alpengebirg auf das gesammte europäische Festland vertheilt denkt, so wird dieses dadurch nur um 20 Fuß erhöht). — Beziehungsweise Bedeutung der Begriffe von hohem und niederem Land; was in Europa als entschiedenes Hochland anzusprechen, kann in Asien noch zum Mittelstufenland zu rechnen sein.

2. Von einem Gesetz, wornach Land und Meer, und wiederum Hochland und Tiefland auf der Erdoberfläche vertheilt wäre, kann keine Rede sein; übrigens steckt doch eine Art von Gesetzmäßigkeit in den allgemeinen Gegensätzen, welche der Norden und der Süden der Erde (nach dem Vorherrschen dort von Land hier von Meer), sowie der Ostkontinent und der Westkontinent (nach der Hauptrichtung der Gebirgsgliederung) darbieten, sowie darin, daß die Höhe des Hochlands im Allgemeinen von den Polargegenden nach den Tropen zunimmt.

Das Nordpolarmeer, ein Binnenmeer mit dem fast geschlossenen Kranz der Nordpolarländer; die Südsee, ein Ringmeer mit dem von ihm eingeschlossenen sogenannten antarktischen Kontinent, wofern es nicht bloß einzelne große Inseln sind, was noch immer sehr in Frage steht. Mit Rücksicht auf die Vorstellungen, die man sich von der Entstehung des Landes und

der Meeresbecken zu machen hat (XVIII, 6), könnte man sagen, daß den Hebungen im Norden diametral Senkungen im Süden entsprechen. — Der Ostkontinent ist nicht nur doppelt gegliedert (vier Welttheile, wovon aber der vierte, Australien, ein getrenntes Glied bildet, mit zwei großen Zwischenmeeren, dem indischen Ocean und mittelländischen Meer), während der Westkontinent nur eine einfache Gliederung darbietet (zwei Welttheile mit einem einzigen Zwischenmeer), sondern es sind auch die Hauptrichtungen der Gebirgsgliederung oder der Landesanschwellung in beiden Kontinenten rechtwinklig zu einander, ostwestlich (äquatorial) im Ostkontinent, nordsüdlich (axial oder meridional) im Westkontinent. — Dazu kommt noch der Gegensatz der drei südlichen Welttheile zu den drei nördlichen hinsichtlich der Gliederentwicklung, die dort fast ganz fehlt. — Die unpassende Ansicht von den drei „Doppelerdtheilen". — Die Zunahme der Höhen vom Pol zum Aequator ist allerdings nicht ausnahmlos, zumal wenn die Angaben über einzelne Höhen in der nördlichen, wie auch in der südlichen Polarzone begründet sind; die Höhe der Landanschwellungen würde also in derselben Richtung zunehmen, in welcher der Erdkörper überhaupt anschwillt (Abplattung IV, 5) und in welcher die Höhe der Schneegränze zunimmt (XIII, 8).

3. Die Tiefländer der Erde, sei es ganz flach oder wellig, ausnahmsweise selbst unter den Meeresspiegel sich senkend (Erdsenken), nehmen theils große Erdräume ein, theils begleiten sie das Hochland, sei es als Einfassungen desselben dem Meere zu (Küstentiefländer) oder als wahre Einsenkungen inmitten des Hochlands (Zwischentiefländer).

Die Zwischentiefländer entlang den Strömen, wahrscheinlich ehemalige Flußseen, und, zumal wenn zu beiden Seiten dieselben Felsarten erscheinen, welche eben durch sie unterbrochen werden, ohne Zweifel durch Einsenkung entstanden (wie die mittelrheinische Ebene). — Die Küstentiefländer erscheinen vom Meeresboden aus nur als (letzte oder vorletzte) Stufen (XVI, 1), die großen selbständigen Tiefländer aber als riesenhafte Hochebenen; dieselben haben ohne Zweifel nach ihrer ursprünglichen Trockenlegung (XVIII, 6) keine weiteren, oder nur verhältnißmäßig unbeträchtliche Umwälzungen erfahren; daß größte ist das zusammenhängende sibirisch-russische oder europäisch-asiati-

sche Tiefland, in seiner Mitte um den Kaspisee die großartigste Erdsenke bildend. — Sonst kommt die Senkung des Landes unter den Meeresspiegel nur in kleineren Strecken vor, und zwar theils hinter den dünenförmigen (XVI, 12) Erhöhungen der Küsten (Holland), theils sind es tiefe Spalten im Hochland selbst, wovon das hauptsächlichste Beispiel die Spalte des Jordan und todten Meers (die tiefste Erdsenke, über 1200 Fuß unter den Meeresspiegel gehend).

4. Die großen Hochlandsmassen der Erde sind theils (geschlossene) Tafelländer mit umgebenden Randgebirgen und aufgesetzten Plattengebirgen, theils (selbständige) Hochgebirgsländer mit thal- oder selbst muldenförmigen Hochplatten und vorgelagerten oder auslaufenden Mittelgebirgen; ob unter der einen oder anderen Form die Hauptanschwellung des Landes auftritt, so schließen sich daran, aber meist nur nach einer von beiden Seiten, die aus Mittelgebirg und Hochplatten zusammengesetzten Mittelstufen an, eine langsame Abdachung zum Tiefland bildend, während sie auf der anderen Seite meistens rascher erfolgt.

Unter der ersten Form (des vorherrschenden Tafellands) stellt sich die Hauptanschwellung des Landes in Asien und Afrika, unter der zweiten (des vorherrschenden Hochgebirgslands) in Europa und Amerika dar; während dort die größten Gebirge nur als Ränder der riesenhaften Hochplatten erscheinen, sind hier die größten Hochplatten nur größere Einschnitte in die Gebirgsmassen. — Die meisten Mittelstufenländer sind ähnliche Zusammensetzungen aus Gebirg und Hochplatte in kleinerem Maßstab; die sogenannten (gemischten) „Bergländer". — Was von der gedoppelten Abdachung der großen centralen Hochländer gilt, wiederholt sich meistens bei den kleineren Gebirgen und Hochplatten. Uebrigens findet der Gegensatz zwischen den beiden Abdachungen nicht ausnahmlos statt (Kaukasus); Westabdachungen im Allgemeinen (aber Ural z. B. entgegengesetzt) steiler als Ostabdachungen (gemäß dem Uebergewicht der ostwärts fließenden Ströme).

5. Der Bau eines (Hoch- oder Mittel-) Gebirgslands beruht theils auf der Gestaltung der einzelnen Bergmassen (Kamm, Gipfel, Paß u. s. w.), theils auf deren

Zusammensetzung zu einem Gebirgsganzen (Knoten, Ketten, Thäler u. s. w.).

Die einzelnen Bergmassen (oder die einfachen Gebirge) haben entweder die Gruppen- oder häufiger die Kettenform, in beiden Fällen bestehen sie aus mehreren unten verwachsenen, oben divergirenden Bergen; wie dieselben aus Gipfeln und Pässen (Jochen, Quereinschnitten) bestehen, so wieder das Gebirgsland aus den Bergmassen und Thaleinschnitten (besonders den Hauptketten und den dieselben trennenden Hauptthälern). — Besteht ein Gebirgsland aus mehreren parallelen Bergmassen, getrennt durch Längenthäler, so ist meistens blos eine einzige in der ganzen Erstreckung undurchbrochen, während die übrigen der Länge nach, wieder in mehrere Stücke zerfallen durch sogenannte Durchbrüche (Quereinschnitte, die bis auf den Thalgrund gehen) oder Querthäler (im strengen Sinn); im entgegengesetzten, viel selteneren Fall hat man statt der offenen Thäler, die zuletzt aus dem Gebirg hinausführen, geschlossene Mulden, die schon (XVI, 4) erwähnt sind (das großartigste Beispiel davon ist die Hochplatte des Titicacasees in den Anden). — Die verschiedenen Gestalten der Gipfel; Verzweigung derselben (mehrgipflige Berge), der Verzweigung einer Gebirgsmasse in mehrere Ausläufer und Querseitenketten entsprechend. — Verschiedene Höhenverhältnisse zwischen Kamm, Gipfel und Joch der einzelnen Masse, sowie zwischen den einzelnen Bergmassen eines Gebirgslandes. — Weder in diesen Größenverhältnissen noch in jenen Artungen des Baus lassen sich bestimmte Gesetze weder im Allgemeinen noch im Besonderen nachweisen, die Ursachen aber blos im Allgemeinen angeben (Wirksamkeit des unterirdischen Feuers und des oberirdischen Wassers XVIII, 6).

6. Die in die Schneeregion ragenden Hochgebirge haben noch eine besondere Bedeutung durch die unvergänglichen Schnee- und Eismassen, welche sich auf und an ihnen ablagern, aber fortwährenden Abgang erleiden, theils durch allmälige Zerstörung der untersten Schichten, theils durch Fortbewegung in tiefere Regionen (Lawinen, Lawizüge).

Der Schnee aus verschiedenen Jahrgängen bildet an den Hochgebirgen ebensoviele Firnschichten, die unteren derselben verwandeln sich in Eis (vergletschern) und werden durch die

daselbst stattfindenden Schmelzungen allmälig aufgerieben, während der Druck selbst sie mehr und mehr verdichtet; die Verwandlung in Eis selbst setzt Schmelzungen voraus, die in der Schneeregion in den unteren Schichten vor sich gehen, wo höhere Temperatur und großer Druck stattfindet, und wohin die Schmelzwasser dringen, welche die Sonne von der Oberfläche aus veranlaßt. — Schneegränze (XIII, 8), keine scharfe Linie oder vielmehr nur eine mittlere Gränze des ewigen Schnees; große Zwischenräume trennen die ersten Schneeflecken von den größeren Schneefeldern. — Vermöge der Schwere findet eine stete Fortbewegung des Schnees in tiefere Gegenden statt, wodurch noch in beträchtlicher Tiefe unterhalb der Schneegränze Eismassen sich sammeln, welche kein Sommer zerstören kann (die Gletscher und die Gletscherregion, vergleiche XIII, 8 und XVI, 7). — Dieses Abwärtsschreiten des Schnees ist theils eine allmählige Senkung, theils geht es in Form von Lawinen vor sich, Staublawinen, wenn die Masse stürzt und dabei zerstäubt, oder Grundlawinen, wenn sie rutscht; beide nehmen bei ihrer Bewegung Holz- und Felsmassen mit, wodurch am Grund eines „Lawizugs" (Lawinenbetts an Stellen, wo die Bewegung ständig ist) wahre Schutthalden entstehen.

7. Die Gletscher (der eigentlichen Gletscherregion XIII, 8) sind in beständiger Veränderung und Bewegung begriffen, indem die oberen Massen vermöge der Schwere nachrücken, die unteren aber abschmelzen; und während ihnen Schmelzwasserbäche entquellen (die letzten Quellen mancher großer Ströme), bilden sie bei ihrem Vorrücken Schuttwälle (Sandecken, indem zugleich Gebirgsschutt und Felsblöcke mit vorgeschoben werden).

Je nach dem Jahrgang findet daher eine Abnahme oder Zunahme des Gletschers statt, je nachdem das Vorrücken oder Abschmelzen die Oberhand gewinnt; der Spielraum, innerhalb dessen die Vorderwand eines Gletschers sich bewegt, beträgt manchmal mehrere Tausend Fuß. — Gebirgsschutt bis zu großen Blöcken fällt auf den Hintergrund der Gletscher in der Felsregion des Hochgebirgs, rückt mit vor und wird beim Abschmelzen außerhalb des Eises abgesetzt, bei neuem Vorrücken vorgeschoben und kann sofort bei neuem beträchtlichem Abschmelzen durch einen bedeutenden Zwischenraum von dem unteren Ende des Gletschers

getrennt werden; darin bestehen die sogenannten Gletscherse-dimente (Sanddecken u. s. w.). — Firngletscher (Gletscher mit Firn bedeckt an höheren Gebirgswänden), Jochgletscher, Thalgletscher (Gletscherthäler).

8. Die Bildung der Quellen (Süßwasser- und Mineralquellen, letztere von Auflösung von Salzen und Verschluckung von Gasen im Boden herrührend) beruht im Allgemeinen darauf, daß das atmosphärische Wasser durch Sickerschichten hindurch in den Boden eindringt, bis es auf Hemmschichten geräth, an deren tiefsten Stellen es sich sammelt, um sofort in den Sickerschichten wieder nach der Oberfläche anzusteigen (im Besonderen artet sich dann dieser Hergang mannigfaltig).

Sickerschichten, wie Sand- und Kiesboden und zerklüftetes Gestein; Hemmschichten, Thon- und Lehmboden und dichtes Gestein. — Die Quellenbildung setzt also einmal obere Sickerschichten und untere Hemmschichten voraus, alsdann aber auch Neigungen und Einbiegungen dieser Schichten, ohne die es keine Sammelstellen gibt. — Zwei Hauptfälle: 1) die Sammelstelle geht selbst zu Tage, während sie tiefer liegt, als die Bodenschichten, aus denen das Wasser sich daselbst sammelt (so in den Thalwinkeln der Gebirge); 2) die Hemmschicht und Sickerschicht sind muldenförmig gestaltet, so daß der obere Rand von jener irgendwo ganz oder nahezu zu Tage geht, was auch im ebenen Land vorkommen kann. — Im letzteren Fall kann durch Anbohrung der Mulde an einer anderen Stelle eine künstliche Quelle erzeugt werden (artesische Brunnen). — Mächtige Quellen mit weit verzweigtem Wurzelsystem in Gebirgen, dessen gemeinsame Ausmündung die see- (oder teich-) artige Quelle. — Quellenarmuth der Steppenländer und Wüsten; die Oasen, Stellen, wo die Hemmschicht zu Tage geht und eine Einsenkung darbietet. — Besondere Fälle durch unterirdische Kanäle und Becken vermittelt; Heberkanäle (II, 16) und intermittirende Quellen (Zicknitzersee). — Quellwasser, selten ohne allen Mineralgehalt; wo dieser stärker hervortritt mit vorherrschender Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Kochsalz, Bittersalz, kohlensaurem Eisen entstehen die Sauerwasser, Schwefelwasser, Soolen, Bitterwasser, Stahlwasser; Bodenchemie durch Wasser (wie XII, 9, Geochemie durch das unterirdische Feuer).

9. Der größte Theil des dem Land entquellenden Wassers steht in stetigfließender Verbindung mit dem Meer, indem es durch Bäche und Flüsse aus größeren oder kleineren Landesräumen in Hauptkanäle (die Landströme) zusammenrinnt, während auch ein beträchtlicher Theil der Landgewässer in ganz vom Meer abgeschlossenen binnenländischen Wasserbecken sich sammelt.

Die Wassersysteme der Erde; Stromgebiete und ihre Wasserscheiden (Gabelungen); unmittelbare Meergebiete der Küstenflüsse; die Wassernetze der Ströme, Zuflüsse und Nebenflüsse (begleitende Flüsse, neben den Hauptströmen mündend), Quellarme und Mündungsarme; die Zweistromsysteme. — Das größte Binnenwassersystem der Erde, das des kaspischen und Aral-Sees (eines eigentlichen Binnenmeers XV, 1), zusammenhängend mit den meerabgeschlossenen Tafelländern Asiens (ein ungeheures Gebiet von Binnenwassern); das höchste das des Titicacasees in den Anden; das tiefste das des todten Meers; weder eine Erdsenke noch eine Gebirgsmulde bildet das des Tschadsees. Manche Binnenflüsse finden ihr Ende anstatt in Seen in Sandwüsten (das Versiegen). — Solchen Mündungs- (insbesondere Steppen-) seen gegenüber, welche in der Regel Meerwasser enthalten, die zu den Wassersystemen der Ströme gehörigen Süßwasserseen (Quellseen und eigentliche Flußseen; insbesondere die Gebirgsseen oder Alpenseen, Wasser- und Geröllniederlagen beim Austritt der Flüsse aus dem Gebirgsland); bei manchen (wie in Ungarn) sind die Abflüsse jetzt versumpft. — Die Hauptabtheilungen des Stromlaufs, Ober-, Mittel-, Unterlauf, den Stufen des Landes, Hochland, Mittelstufenland und Tiefland (XVI, 1), entsprechend. — Die ungleichförmige Bewegung der fließenden Wasser (Gefälle, Widerstände, Einfluß der Breite und Tiefe); die Stromrinnen innerhalb des Betts; Stromschnellen, Wasserfälle, Strombrandungen. — Der wechselnde Wasserstand der Flüsse und Ströme, abhängig von Regenmenge und Schneegang; die Ueberschwemmungen, besonders die regelmäßigen der Tropenströme; langsam fortschreitende Abnahme der Wassermenge bei den mitteleuropäischen Strömen (wohl vornehmlich auf Abnahme der Wälder beruhend). — Welche Wassermassen die Ströme in einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Stelle ihres Laufs vorbeiführen, durch die Geschwindigkeit der Strömung und

die Größe des Stromprofils bedingt (z. B. der Rhein hat bei mittlerem Wasserstand bei Basel eine Geschwindigkeit von 4,6 Fuß in der Sekunde, ein Profil von 6760 Quadratfuß und einen stündlichen Abfluß von 112 Millionen Kubikfuß Wasser, bei Emmerich beträgt die Wassermasse 265 Millionen Kubikfuß, während die Geschwindigkeit um 1 Fuß kleiner). — Die verschiedene Form der Mündungen; Deltabildung, golfartige Mündungen. — Die Stromthäler mit ihren Verengungen und Ausweitungen, Seen- und Inselbildungen, Quer- und Längenstufen das Werk der Ströme, im Mündungsgebiet vereint mit der Wirksamkeit des Meers (XVI, 11. 12).

10. Das bewegte Wasser, vom fluthenden Meer an den Küsten bis zu den Quellwurzeln unter dem Boden, bringt fortwährende, bald kleinere, bald größere Veränderungen am Land hervor durch seine beiden in steter Wechselwirkung stehenden Wirksamkeiten, die wegschwemmende (ausrodende, Erosion) und die anschwemmende (ablagernde, Sedimentbildung).

Wiefern die zerstörende und bildende Thätigkeit des Wassers in Wechselwirkung steht, erhellt leicht; was das Wasser hier losgerissen, setzt es dort wieder ab („Aegypten eine Spolie Abyssiniens"); Erosion und Sediment gehören bei den neptunischen Wirkungen zusammen, wie bei der vulkanischen Hebung und Senkung (XII, 10). — Die genannten Wirksamkeiten des Wassers beruhen wieder theils auf der Auflösung, theils auf den Wasserbewegungen. Das Wasser enthält stets aufgelöste mineralische Stoffe (der Salzgehalt der Meere und Seen, die Mineralwasser vgl. XV, 1 und XVI, 8), mehr oder weniger davon gesättigt; die Absetzung der aufgelösten Stoffe erfolgt theils durch Verdunstung des Wassers, theils durch Abkühlung der gesättigten Auflösung (vgl. X, 2). Mechanisch in Wasser schwebende feinzertheilte Stoffe (Suspension) erhalten sich im bewegteren Wasser und fallen im ruhigeren zu Boden. Strömende Wasser (Land- wie Meeresströme) führen auch größere Massen fort, sei es schwimmende an der Oberfläche, sei es sinkende auf dem Grund (die Schlamm- und Kiesgeschiebe der Ströme, wie bedeutend, zeigt z. B. der gelbe Strom und das gelbe Meer), und setzen dieselben ab, wo die Fortschwemmung gehemmt wird. Der beständig in einerlei Richtung sich wiederholende Druck und Stoß bewegter

Wasser zerstört nicht nur durch Losreißung und Wegspülung, sondern vermag auch beträchtliche Widerstände zu zernagen und zu durchbrechen. — Von der Anschwemmung, deren Erfolge fortwährend an Ufern und Küsten sich zeigen, die Aufschwemmung zu unterscheiden, die zunächst in einem schlammartigen Niederschlag auf dem Grund der Gewässer (der Meere, Seen, Flußüberschwemmungen) besteht. — Quellensediment und Quellenerosion (Süßwasserkalk, Kieselfels an Thermen; Höhlenbildung durch die Bodenwasser und in jenen wieder Tropfsteinbildung); Flußsediment und Flußerosion (XVI, 11), Meersediment und Meererosion (XVI, 12).

11. Bei den fließenden Gewässern des Landes ist die ausrodende Wirksamkeit die ursprüngliche, indem sie vermöge derselben ihre Thäler, in diesen ihre Betten und in diesen ihre Rinnen selbst gegraben haben, dort widerstehende Gebirge durchbrechend, hier ihr Bette ändernd (Durchbruchsthäler vgl. XVI, 5, und Stromwanderungen); auf den dabei fortgeschwemmten Stoffen, dem Flußgeschiebe (XVI, 10), beruhen alsdann die Ablagerungen, die sie veranlassen (Schutt-, Insel-, Deltabildungen).

Beide Wirksamkeiten der Flüsse zeigen sich noch stets, die bedeutendsten Erfolge bei Ueberschwemmungen (Nil), bei Wasserfällen (das Zurückweichen des Niagara, der zuletzt den ganzen Zwischenraum zwischen beiden Seen durchwandert, und dann verschwinden wird), bei Wildbächen im Gebirg, welche große Felsblöcke fortschleppen und lange Schuttkegel bilden. — Die Ablagerung des Geschiebes wird überhaupt durch Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit bewirkt, Erhöhung der Ufer und Bildung von Werdern und Auen veranlassend, und erreicht daher ihr Größtes in den Mündungstiefländern, wo die Inselbildung ins Meer hinauswachsend geräumige Deltaländer hervorgebracht hat. — Besonders bezeichnend für die Entstehung der jetzigen Stromthäler durch die Ströme selbst sind die Wechsel von Thalausweitungen (ehemals Seen) mit engen Durchbruchsthälern; so oft sich nämlich in der Bildungszeit der Ströme dem Wasserabfluß Widerstände durch höheres Land darboten, mußten sich weitere Wasserbecken bilden, welche sich nach Bewältigung des Widerstands entleerten, Seen zurücklassend, bei gehöriger Einsenkung des Beckengrunds. Die dem Strom entlang

sich folgenden Becken sind ebensoviele Querstufen, welche der sich fortgrabende Fluß gebildet hat; zugleich sind aber auch Längenstufen entstanden, indem das, was in einem früheren Theil des Laufs das unmittelbare Thal, die Niederung, war, weiterhin, nachdem er sich tiefer gegraben, zur thalbegränzenden Höhe, zum Oberland, ward.

12. Die Veränderungen, welche das Meer vermöge seiner Strömungen und Brandungen an den Küsten veranlaßt (zum Theil in Gemeinschaft mit den ausmündenden Strömen), bestehen in Vorrücken oder Zurückweichen des Landes, je nachdem die ablagernde oder wegspülende Wirksamkeit die Oberhand hat; und wenn erstere insbesondere Bildung von Bänken, Dünen und Marschen nebst Versandung von Häfen zur Folge hat, so kann die letztere bis zu Meereseinbrüchen und Meeresdurchbrüchen gehen.

Wenn ehemalige Seestädte jetzt gleichsam vom Meer weggerückt erscheinen (wie Brügge, Ravenna), so ist das Land offenbar hier vorgeschritten; dagegen nimmt das Land ab an der britischen Ostküste, an der schleswiger Westküste, und die Insel Helgoland verkleinert sich fortwährend (Wegschwemmung der Insel Ferdinandea XII, 4). — Bei der hin- und herfluthenden Bewegung des Meers werden die losen Bestandtheile der Gestade bald meerwärts, bald landwärts getragen; beide Schwemmungen können sich Gleichgewicht halten, oder kann die eine überwiegen; mit den Meeressedimenten an den Küsten verbinden sich die Ablagerungen des Flußgeschiebes, sei es zu Landzungen und Strominseln (Delta XVI, 11), sei es bei stärkerer Strömung zu Bänken und Dünen (d. h. Sandansammlungen, erstere unter dem Meeresspiegel bleibend, letztere hervorragend); füllt nun das Flußgeschiebe die zwischen denselben gebliebenen Untiefen des Meers (Lagunen) vollends aus, so ist ein Stück Land dem Meer abgewonnen, welches sofort nur durch Eindeichung vor der Wiederzerstörung geschützt zu werden braucht. Daß dieser Landbildungshergang auf die Entstehung großer Küstentiefländer (XVI, 3) sich erstreckt, erhellt; dagegen wird man die Ursache der zerrissenen Küsten (zumal Steilküsten, wie die norwegische, südsüdamerikanische u. a.) in dem Ueberwiegen der anderen Wirksamkeit der Meeresfluthen suchen. — Von geschichtlich nachzuweisenden Meereseinbrüchen ist die Zuydersee ein Beispiel (im 13ten Jahr-

hundert an die Stelle des Landsees Flevus getreten); sehr wahrscheinlich gehören viele andere Busen und Buchten unter diesen Begriff, namentlich auch die golfartigen Flußmündungen (gleichsam „negative“ Deltas, wo wiederholte Meereseinbrüche stets die Stromsedimente weggeschwemmt haben). — Meeresdurchbrüche von Meeresströmungen erzeugt (wie die Durchbruchsthäler von den Landströmen XVI, 11); unter diesen Begriff gehören ohne Zweifel manche Meerengen, welche Binnenmeere mit dem Weltmeere verbinden, namentlich der Bosporus (auch die von Calais, Gibraltar, Babelmandeb wahrscheinlich sämmtlich durchgerissene Landengen). — Der Marschboden des Strandes, wahrscheinlich aus Ablagerung von Schlamm, Sand und Gerölle hervorgegaugen, welche die gleichmäßige Bewegung des Meeres nach Art eines Schlämmwerks aus größeren Massen erzeugt, und nach dem Grad der Zertheilung an verschiedenen Stellen (die feinsten mehr meerwärts) absetzt.

13. Auch die Luft bethätigt sich (zumal mit ihren Strömungen und Niederschlägen) bei den Veränderungen des Landes; dahin gehört die Landdünenbildung, das Fortschreiten der Sandwüsten, die Entblößung und Verwitterung der Gesteine (von Verfärbungen und Abschleifungen bis zu Bergstürzen), die Bildung besonderer Regenrinnen und Regenschluchten.

Indem Winde den Meeressand landwärts tragen, und derselbe an einer schon vorhandenen Unebenheit des Bodens haften bleibt, durch Regen sofort zusammenbackend, sind oft in beträchtlicher Entfernung von der Küste Sandhügel (Landdünen) entstanden, und diese Bildung schreitet an manchen Stellen noch stets landeinwärts fort (wie im südlichen Frankreich). — Ebenso schreitet der Wüstensand in der Richtung herrschender Winde fort, zumal wo bei Verwilderung der angränzenden Länder jenem Fortschritte weniger Einhalt mehr durch menschlische Wirksamkeit gethan wird (Einbruch der Wüste in das ägyptische Thal, Unterschied zwischen der Sahel und libyschen Wüste). — Die Ergießung des meteorischen Wassers bringt stets neue Rinnsale und Einschnitte in Gebirgen und Ebenen hervor; ihr sind die gefurchten Kalkplatten, die entblösten Felsen (Säulen oder Höcker) zuzuschreiben; ja die Umrisse der Berggipfel und Gebirgskämme überhaupt sind ohne Zweifel vorzugsweise auf atmosphärische

Erosion durch Regen und Wind zurückzuführen. — Verwitterung, die unter dem Einfluß von Luft und Wetter (mit den Temperaturwechseln, Nässe und Trockenheit, Schneeschmelzen, Gefrieren u. s. w.) vor sich gehende allmälige Zerstörung der zu Tag gehenden Gesteine (zum Theil auf mechanischem Wege); in den Bergstürzen kann man, unter dem Hinzutritt der Wirksamkeit der Schwere, die gesteigertsten Folgen dieses ununterbrochenen Zerstörungsprocesses sehen, die dann große Aehnlichkeit mit den von Unterhöhlung des Bodens durch das eingedrungene meteorische Wasser herrührenden Erdfällen (Bodeneinbrüchen) haben.

14. Auf den Hergängen der Verwitterung und Verschwemmung in Verbindung mit den Auflösungsprocessen der organischen Körper (Vermoderung und Verwesung XI, 8) beruht die Bildung und stete Erneurung der obersten Bodenschicht, in welcher das Pflanzenleben seinen Sitz hat (der Dammerde mit dem Humus, auch schlechtweg Boden genannt); ihr Vorhandensein mit dem richtigen Humusgehalt kennzeichnet das Kulturland im Gegensatz zur Wüste (wo sie ganz fehlt) sowie zum Moor und zur Steppe und Heide (wo sie nicht die rechte Beschaffenheit hat).

Der Humus entsteht aus der Vermoderung von Pflanzenresten; es ist eine Kohlenverbindung, welche sich als dunkelfarbiger, Feuchtigkeit und Gase in hohem Grad anschluckender Stoff darstellt und vermöge (XI, 5. 6) die Grundbedindung der Fruchtbarkeit ist (nämlich bei richtigem Maß und Mengung mit Erden); seine Bildung und Mengung ist aber auch durch den Untergrund bedingt (nach welchem man wieder Mergel-, Kalk-, Thon-, Lehm-, Sandboden unterscheidet), dessen aufgelockerte, mit den organischen Stoffen gemischten Bestandtheile eben die Dammerde (Acker-, Pflanzen-, Gartenerde) bilden. — Der sogenannte saure Humusboden bezeichnet die baumlosen Landstriche, die Steppen mit ihren Gräsern, Heiden mit den sogenannten Heidekräutern bis zu den morastigen Moosflächen, den Sumpf- und Torfmooren (Torf, ein kohliger Stoff, der sich durch Vermoderung der Moose und Sumpfpflanzen unter Wasser bildet und eine besondere, stets an Dicke zunehmende Lage zwischen der Rasendecke und dem Untergrund einnimmt, Torfbildung im

Grund eine Steigerung der Humusbildung). — Pflanzen- und zumal waldreiche Wildnisse (die besonders in Amerika so große Strecken einnehmen) gehören wenigstens der Anlage nach zum Kulturland, in ihren mächtigen Lagern humusreicher Dammerde (der eigentliche „Humusboden") die Grundlage des üppigsten Pflanzenwuchses darbietend.

15. Während Erdstriche, wo die verschiedenen Landesstufen in engerem Raum zusammenliegen und mit einander abwechseln, gemischte Bergländer (XVI, 4), zur fortgesetzten Dammerdebildung, also zu Kulturland besonders sich eignen, neigen sich dagegen die großen Flachländer (die hohen wie die niedrigen) mehr zur Bildung von Steppen, sowie von Wüsten oder Mooren, je nachdem Wassermangel oder Wasserüberfluß vorhanden ist.

Da die Dammerdebildung wegen des Humus Pflanzenwuchs bereits voraussetzt, so versteht es sich, daß in der kalten Zone die Bedingungen der Fruchtbarkeit auch von Seiten des Bodens fehlen. — In den Gebirgsthälern, Mittelstufenländern, Stromtiefländern unterstützt die schwemmende und schlämmende Thätigkeit der Gewässer die Bildung der Dammerde; wie aber einerseits in umsäumenden Küstentiefländern Heide und Moor im Kleinen vorkommen (Norddeutschland, Westfrankreich), so haben andrerseits auch große Hochländer bei reichem Wassersystem, zumal wenn sie dadurch mit Gebirgsland zusammenhängen, üppigen Boden (wie in Amerika). — Der Wüstengürtel der alten Welt, Tafelländer und Tiefländer umfassend; die Steppen Osteuropa's und Asiens, die Savannen, Lianos und Pampas Amerika's. Salzgehalt des Bodens in Wüsten und Steppen, ehemaliger Meeresboden.

XVII. Die Erdrinde.

1. Die Erdrinde besteht aus einer Folge fester Mineralgebilde (Formationen), theils in wagrechten oder geneigten Lagen sich ausbreitend, theils auch in Gängen und Adern die lagenförmigen durchsetzend; ein solches geognostisches Gebilde besteht wieder aus einem oder mehreren Gesteinen

(Felsarten), und diese ihrerseits sind entweder einfache Mineralien (gleichartige Gesteine) oder aus solchen gemengt (ungleichartige oder Menggesteine, sei es krystallinisch oder ganz formlos).

Einfache Mineralien wohl zu unterscheiden von den chemischen Grundstoffen; sie können chemisch sehr zusammengesetzt sein, aber nicht aus verschiedenen chemischen Verbindungen gemischt, wobei man übrigens selbst noch von Nebenbeimengungen absieht, wofern nur die Hauptmasse eine blose chemische Verbindung ist. — Gleichartige Gesteine, welche größere Stücke der Erdrinde bilden, sind: Steinkohle (vgl. XVII, 4), Quarzfels (Kieselerde), einige Eisenerze, verschiedene Feldspathe (d. h. im allgemeinen Sinn des Worts kieselsaure Erden, Thonerde, Talkerde, in Verbindung mit kieselsauren Laugen, Kali, Natron, wohin Feldstein, Albit, Augit, Hornblende gehören), Serpentin (kieselsaure Talkerde), Kalkstein (kohlensaure Kalkerde), Dolomit (kohlensaurer Talk oder Magnesia), Gyps (schwefelsaure Kalkerde), Steinsalz. — Mehrere derselben, besonders Quarz, die Feldspathe und Glimmer (d. h. Verbindungen kieselsaurer Erden) bilden in verschiedenen Mengverhältnissen und Gefügen die krystallinischen Menggesteine, schiefrige, körnige oder granitartige, porphyrartige (wo eine sonst dichte Masse einzelne größere Krystalle enthält), schlackige oder lavaartige. — Die ganz formlosen Gesteine endlich sind mechanisch aus Trümmern (Kies, Sand, Staub nach verschiedenem Grad der Zertheilung) zusammengehäufte oder durch sogenannte Bindemittel zusammengebackene und erhärtete Massen (vgl. XVII, 2), die Conglomerate (Breccien), Sandsteine und erdigen Gemenge (wie Thon und Mergel).

2. Die Gesteine der Erdrinde sind theils aus feuerflüssigem Zustand erstarrt und daher (nach Art der Lava XII, 3) aus dem Erdinneren ausgebrochen, zum Theil übergelagert, Ausbruchgesteine (endogene Felsarten); theils vom Wasser (sei es aus Auflösung oder Suspension XVI, 10) an der Oberfläche abgesetzt, Absatzgesteine (exogene Felsarten).

Dieß sind die beiden Grundklassen der Gesteine nach ihrer Entstehung (vulkanische und neptunische) wie auch nach ihrem Aussehen im Allgemeinen (ungeschichtetes und geschichtetes Ge-

stein); allein die Umwandlung, welche solche ursprüngliche Gesteine, namentlich die untersten Lagen des Absatzgesteines durch Berührung mit dem unterirdischen Feuer oder durch den sogenannten (plutonischen) Metamorphismus (XII, 9) erlitten haben, sowie die Zusammensetzung zertrümmerter Gesteine zu neuen Massen durch die Wirksamkeit des Wassers (XVII, 1), während die Ursachen der Trümmerbildung theils in Verwitterung und Erosion, theils in Erschütterung von unten zu suchen ist: veranlassen neben dem ursprünglichen Absatz- und Ausbruchgestein noch zwei Gesteinsklassen zu unterscheiden, das Wandelgestein (metaporphische Felsarten) und das Trümmergestein (mechanische Menggesteine). — Bei dem Ausbruchgestein unterscheidet man wieder solches, welches in ganz flüssigem Zustand ausgebrochen und daher, wo es die Oberfläche erreicht hat, übergelagert ist wie die Lava, das vulkanische Gestein in engerem Sinn (vulkanisches Sediment), und solches, welches nur zähflüssig aufgestiegen Kuppen und Dome gebildet hat, plutonisches Gestein. — Bei dem Absatzgestein unterscheidet man einerseits die mineralischen Gesteine in zwei Reihen, der Kalk- und Thonreihe (jener aufgelöst, dieser mehr schwebend), und die neptunischen Bildungen unter Zuziehung organischer Stoffe oder Kräfte, theils pflanzlicher, theils thierischer (Kohlenbildung XVII, 4, Infusorienlager XVII, 3); andererseits die Ablagerungen unter mächtiger Wasserbedeckung bei gesteigerter Temperatur und hohem Druck, wobei sich schlammartiger Niederschlag aufgelöster oder schwebender Mineralstoffe zu Gesteinsschichten erhärtete (die Schiefer des Uebergangsgebirgs und die Kalkflötze vgl. XVII, 6), und die in seichtem Wasser fast an der Luft erfolgten Ablagerungen (von Süßwasserkalk, Kieselguhr u. s. w.) nach Art der noch stets vor sich gehenden Wasserbildungen (XVI, 10), sowie die An- und Aufschwemmungen.

3. Sowohl größere Meerthiere (die Pflanzenthiere) als auch die in stehenden Gewässern allverbreitete mikroskopische Thierwelt der Infusorien (und Polythalamien) sondern zu ihrer Behausung oder Bedeckung feste Massen von Kalk und Kiesel ab, welche nach dem Absterben der Thiere nicht nur Felsen (Korallenklippen und Inseln, vgl. XV, 4) bilden, sondern selbst mächtige Gebirgsschichten (die Infusorienlager) zusammensetzen.

Zu einem solchen Gebirg verhält sich das einzelne Thierchen, d. h. seine Kalk- oder Kieselschale, wie das einzelne Sandkorn zum Sandsteingebirg. — Das Kreidegebirg z. B. ist eine Kalkpolythalamienbildung, wie das Mikroscop nachweist, Kieselinfusorienbildungen sind die im Kreidebirg vorkommenden Feuersteinnester, die jüngeren Lager von Bergmehl, Tripel, Kieselguhr u. s. w., die sich auch noch stets bilden. — Diese Bildungen setzen natürlich das Vorhandensein von Kalk und Kiesel voraus, sei es am Grund der Gewässer oder in Auflösung; das thierische Absatzgestein ist also nur als eine eigenthümliche Wandlung, Modifikation des Absatzgesteins überhaupt zu betrachten, und man muß sich hüten, zuviel darauf zurückführen zu wollen.

4. Die Kohlenbildungen, welche mächtige Lager in der Erdrinde in größeren und geringeren Tiefen einnehmen, rühren von Vermoderung ganzer Pflanzenwelten unter Wasser her (nach Art der Torfbildung XVI, 14).

Es sind nicht sowohl Verkohlungsprocesse durch Wärme ohne Luftzutritt (nach Art der Meiler); man kann vom Torf durch Braunkohle und Schwarzkohle bis zum Kohlenstein (Anthrazit) eine fast stetige Stufenreihe der Verkohlung verfolgen, in welcher die Gebilde zugleich mineralischer (steinartiger) werden. — Der Kohlenstein, der ohne Entwicklung bituminöser Stoffe brennt, ist vielleicht der Rückstand der Destillation von Steinkohlen (vgl. XII, 9). — In den ungeheuren Kohlenlagern sind ganze vorzeitliche Pflanzenwelten begraben (vgl. XVIII, 7), deren außerordentliche Ueppigkeit darnach zu bemessen ist, und wobei man nicht vorzugsweise an Baumstämme, sondern vielmehr an das Blattwerk von außerordentlich dichten Wäldern kryptogamischer und monokotylischer Gewächse (Farren, Halme, Gräser, Laubkräuter) zu denken hat.

5. Der plutonische Metamorphismus besteht in verschiedenen Hergängen, im Allgemeinen in mechanischem Einschuß, Umschmelzung und chemischem Stoffumsatz; auf solche sind nicht nur die sogenannten abnormen Glieder der Kalkreihe und der Thonreihe (XVII, 2) zurückzuführen, sondern auch die Felsarten des geschichteten Urgebirgs (XVII, 6).

Der Metamorphismus ist die neuere Erklärung der Erscheinung, daß Gesteine einerseits nach Schichtung und Lagerung auf neptunische Entstehung hinweisen, während andererseits Gefüge und Zusammensetzung (Unlöslichkeit) mit denselben sich nicht vertragen will, z. B. Gyps, Marmor, Kieselschiefer u. s. w. — Einschüsse (Injectionen) geschmolzener Stoffe in eine noch weiche Masse, z. B. von Metall, Kieselerde, Asphalt; Umschmelzung (z. B. von Kalkstein in Marmor); chemischer Stoffumsatz, wodurch z. B. kohlensaurer Kalk in schwefelsauren, wobei die Säuren, oder in kohlensaure Bittererde, Dolomit, umgewandelt wird, wobei die Basen ausgetauscht sind. — Hergänge im Besonderen: Verkieselung, Metallisirung, Dolomitisirung, Carbonisirung, Vergneißung, d. h. Verwandlung von Thonschiefer in Gneiß durch Berührung mit dem dieselben Bestandtheile enthaltenden Granit. — Daß (wohin letzterer Fall gehört) bei den ältesten und untersten neptunischen Schichten solche Verwandlungen im größten Maßstab vor sich gehen mußten, liegt nahe (also die Verwandlung des ursprünglichen Thonschiefers des Urgebirgs, der nunmehr erst im Uebergangsgebirg selbständig auftritt, in Talk-, Glimmer- und Feldspathschiefer oder Gneiß); aber man geht sicher zu weit, wenn man auch in Graniten und Porphyren Wandelgesteine sehen will, d. h. so vollständige Umwandlungen ursprünglicher Flözgebilde, daß der neptunische Ursprung sich gänzlich verwischt hätte (vergl. XVIII, 4).

6. An die Stelle der alten Eintheilung der Gebilde in Urgebirg, Uebergangsgebirg, Sekundär-, Tertiär- und Quaternärgebirg ist jetzt eine andere getreten, wornach man zunächst Feuer- und Wassergebilde unterscheidet, und in jeder dieser Klassen mehrere geologische Gruppen, welche die unter einerlei Verhältnissen und in einerlei Zeitraum entstandenen Gebilde zusammenfassen, als ebensoviele Glieder (Haupt- und Nebenglieder der Gruppe).

Das Urgebirg der alten Eintheilung begreift theils Feuergebilde, theils umgewandeltes Wassergebild (XVII, 5); das Sekundärgebirg heißt auch Flözgebirg (im engeren Sinn, denn eigentlich ist dieser Name gleichbedeutend mit neptunischem Gebilde); das Quaternärgebirge umfaßt das auf- und angeschwemmte Land. — Unter zwei Feuergebilden ist dasjenige das jüngere, dessen Ausbrüche das andere durchsetzen, und welches daher

die tiefere Lage in der Erdrinde hat, später als das andere erstarrt; überhaupt hat man sich diese Gebilde vorzustellen als mächtige Lager im Inneren bildend, von denen ihre durch Hebung oder Ausbruch zu Tag gehenden Theile blose Abzweigungen nach oben sind. Man unterscheidet 4 Hauptgruppen, die des Granits (als die oberste früheſt erstarrte und ausgebrochene), die des Porphyrs und Grünsteins, die des Basalts und Trachyts (die altvulkanischen Gegenden bezeichnend) und alle Flözgebilde (bis zum Schuttland oder Diluvium ausschließlich) durchsetzend, und die noch im Ausbruch begriffene mithin alle Gebilde durchsetzende Gruppe der Lava oder die der jetzigen Vulkane (vgl. XII, 3. 4). — Von zwei Wassergebilden dagegen liegt das jüngere später abgelagerte über dem anderen, nur daß die ursprünglich wagrechten Schichten dieser Gebilde durch die vom Erdinneren ausgegangenen Umwälzungen nicht nur in geneigte Lagen bis zu senkrechten Wänden gebracht und durchbrochen worden, sondern selbst an manchen Stellen übergekippt sind, so daß das jüngere Gebilde hier unten liegt. Man unterscheidet acht Hauptgruppen: die des Schiefers (die unterste, das geschichtete Urgebirg), die der Grauwacke (Uebergangsgebirg); die vier folgenden sind die Flözgebirge im engeren Sinn oder die Sekundärgebirge, nämlich: die untere Trias (d. h. Bergkalk, Steinkohle und Zechstein mit dem Todtliegenden als Nebenglied), die obere Trias (d. h. bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper mit Gyps und Steinsalz als Nebengliedern), die Juragruppe (weißer eigentlicher Jura, schwarzer oder Lias und als untergeordnetes Glied brauner oder Eisenrogenstein) und die Kreidegruppe (mit Quadersandstein, unterer und oberer Kreide); endlich die Molassegruppe (Grobkalk, Molassesandstein, Braunkohle) oder das Tertiärgebirg, und das Schuttland (Diluvium sammt den noch fortgehenden Bildungen XVI, 10, dem Schwemmland oder Alluvium), die letzte unter den eigentlichen fertigen Bildungen, die oft noch eine Mächtigkeit von ein paar hundert Fuß erreicht.

7. Die verschiedenen Gebilde „führen", wie man zu sagen pflegt, neben ihren eigentlichen „Gliedern", in verschiedenem Maß theils Mineralien, wie Erze und Krystalle (zumal Edelsteine) in Gängen, Lagern und Nestern, theils organische Reste oder Versteinerungen von wirklichen Inkrustationen oder Verkohlungen bis zu blosen Abdrücken oder Abgüssen, und zwar kommen diese Pflanzen- und Thierreste blos in

den Wassergebilden, übrigens von der zweitältesten Gruppe (Grauwacke, Uebergangsgebirg) an vor.

Wenn man dem Begriff der Versteinerungen den weitesten Umfang gibt, so fallen selbst ganze Gebilde darunter (XVII, 3. 4); indessen pflegt man ihn und mit Recht auf individualisirte Bildungen zu beschränken, die noch immer einen weiten Spielraum haben von einem in Stein eingeschlossenen wohl erhaltenen Insekt an bis zum Steinabdruck eines Blatts. — Die Arten der versteinerten Pflanzen und Thiere sind charakteristisch für die einzelnen Gebilde; sie haben zum Theil den Namen geliefert, wie bei dem Muschelkalk. Wenn schon im Uebergangsgebirg Reste von den niedersten Pflanzen- und Thierarten zugleich vorkommen, so beginnen die höheren Thiere, Säugthiere und Vögel, nach den einen beide erst im Tertiärgebirg (der siebenten Gruppe XVII, 6), nach anderen schon jene im Jura, diese im Kreidegebirg (während Fische bis zur unteren, Amphibien bis zur oberen Trias sich erstrecken sollen); und wenn in der Molassegruppe die jetzigen Bäume hervortreten, so enthält das Schuttland (Diluvium) noch ausgestorbene oder vorweltliche Säugethiere (Mammuthe u. dgl). Das Schwemmland, dessen Bildung ja noch immer fortgeht, führt begreiflicher Weise auch menschliche Reste.

8. Während das Trümmergestein schon im Uebergangsgebirg (oder im zweiten Wassergebilde XVI, 6) beginnt, und sofort mit ursprünglichem Absatzgestein in den folgenden Gebilden wechselt, ist das jüngste fertige Gebilde eine blose Anhäufung von Trümmern (wie schon sein Name Schuttland besagt), worunter vor Allem die großen Felstrümmer sich auszeichnen, bekannt unter dem Namen der erratischen Blöcke, und wahrscheinlich als Geschiebe (XVI, 10) reißender Gewässer an ihre jetzigen Lagerstätten gelangt.

Die Größe dieser Blöcke (bis zu Hausgröße), die große Entfernung von ihrem (wirklichen oder nur angeblichen) Stammgebirg (nebst dem verschiedenen Grad von Abschleifung, den ihre Ecken zeigen) hat sie zu einem geologischen Räthsel gemacht, das vielerlei Auflösungen hervorgerufen hat. — Sie finden sich in den Alpenthälern und in den Ebenen am nördlichen und südlichen Fuß der Alpen (und ebenso bei anderen Gebirgen), und auf diese paßt die Erklärung durch gestaute Gebirgswasser bei deren endlichem Durchbruch vollkommen, wenn man bedenkt, was für Mas-

sen auch jetzt noch angeschwollene Wildbäche mit fortreißen. — Die Erscheinung zeigt sich aber in noch größerem Maß der Verbreitung sowohl in Nordamerika als in Nordeuropa, wo über Finnland, Schweden, Dänemark, Nordrußland, Polen, Norddeutschland bis zu den Niederlanden und Ostengland (Südgränze eine Linie über Kostroma, Tula, Witepsk, Breslau, Leipzig, Braunschweig, Arnheim) Blöcke zerstreut sind, welche vom skandinavischen Gebirg stammen sollen. Hier wird die Erklärung durch gestaute Gebirgswasser allerdings schwierig, zumal da jetzt Meere ihre Fundörter von den Stammörtern trennen; allein abgesehen von der Frage, ob wirklich alle den genannten Stammort haben, war damals wohl die Vertheilung von Meer und Land noch eine andere, und man hat nicht blos an stromartige Wasser, sondern auch an Meeresfluthen mit Ein- und Durchbrüchen zu denken. — Andere Erklärungen nehmen statt einfacher Wasserschwemmung Treibeis zu Hilfe (nach Art der Eisinseln der Polarmeere, die noch jetzt Gegenstände aller Art mit fortführen XV, 7), oder (und diese ist in neueren Zeiten besonders berühmt geworden) Gletscher (nach Art der Gandeckenbildung XVI, 7). Diese würde aber eine dermalige Verbreitung der Schneeregion und der Gletscher voraussetzen, eine wahre „Eiszeit der Erde", deren Herbeiführung sowohl als Beseitigung wohl noch schwerer zu erklären sein dürfte, als die Erscheinung der Blöcke selbst (vgl. XVIII, 8).

9. Während im Gebirgsland die zu Tage gehenden Gebilde rasch wechseln wie die Höhen, geht in Flachländern das nämliche Gebilde auf sehr große Strecken zu Tage; und wenn in beiden selbst die ältesten Gebilde von der Oberfläche nicht ausgeschlossen sind, so kennzeichnet doch das Schuttland vorzugsweise die Flachländer, zumal die Zwischen- und Küstentiefländer (XVI, 3).

Zu Tag gehen sagt man von den Gebilden (Gesteinen), welche entweder blosliegen, oder nur mit der stets sich erneuernden Schicht von Pflanzenerde (Dammerde XVI, 14) bedeckt sind, deren „Untergrund" dann jenes Gebilde ist. — Als Beispiel vom Wechsel der zu Tag gehenden Gesteine im gebirgigen Land mag Südwestdeutschland dienen, wo von West nach Ost der Reihe nach Granit-Gneiß, bunter Sandstein, Muschelkalk, Keuper, Lias, Jura, Molasse sich folgen, also in derselben Ordnung der Reihe nach zu Tage gehen, in welcher sie übereinander liegen. Ein

Beispiel von Flachland, dessen Oberfläche ältere Gebilde (jenseits der unteren Trias) einnehmen, ist **Nordrußland** sammt Finnland und schwedischem Küstenland; während dagegen die europäischen Gestade des kaspischen und schwarzen Meeres, das innere Rußland, Polen, Norddeutschland sammt Dänemark und Niederlanden, sowie die ungarischen Ebenen, die Wallachei- und Moldau-Ebenen, die oberbairische, die oberrheinische, die Po- und Rhone-Ebene, das Pariserbecken und der Südwesten von Frankreich gewöhnliche Schuttlandsflächen darbieten. — Die Erklärung dieser Erscheinungen ist in der allmäligen Hebung und Trockenlegung des Landes zu suchen (vgl. XVIII, 6), und man sieht, daß die **äußere Bodengestaltung** oder die Landesformen (XVI, 1) allerdings mit der **geognostischen Zusammensetzung** des Bodens in Verbindung stehen, aber keineswegs so, daß eine bestimmte Landesform stets mit bestimmten geognostischen Gebilden verbunden wäre. Dagegen sind die einzelnen Felsarten in den verschiedensten Gegenden der Erde, namentlich in den verschiedenen Zonen, einander vollkommen gleich.

XVIII. Zustände der Erde.

1. Man hat Grund zu der Annahme, daß ursprünglich das **ganze Sonnensystem** eine einzige Masse von verflüchtigter Materie (**Dunst-, Nebelmasse**) bildete, deren Mittelpunkt der jetzige Sonnenkörper, mit nach demselben zu vermöge der Gravitation zunehmender Dichte, in Axendrehung von West nach Ost begriffen und in Folge derselben sehr stark (bis zur Linsen- oder Scheibenform) abgeplattet, indem dem Sonnenäquator entlang die Materie vermöge der Schwungkraft sich anhäufte.

Allerdings können wir uns von jenem **Nebelzustand** keine nähere Vorstellung machen, und noch weniger von seiner Ursache (sei es eine unbegreiflich hohe Temperatur oder etwas ganz außer unserer Erfahrung liegendes); allein der Weltraum zeigt uns Bilder von einem solchen Zustand in den sogenannten Nebeln und insbesondere in den **Nebelsternen** (vgl. I, 4), auch bieten die Sonnen (VIII, 11) und die Kometen (VI, 5. IX, 18) ganz andere Zustände der Materie dar, als die wir von der jetzigen Erdoberfläche her kennen. — Zu der Annahme aber, daß aus einer solchen

Nebelmasse die einzelnen Körper des Sonnensystems, vor allem die Planeten sich herausgeballt haben, führen die gemeinsamen Verhältnisse der Planetenbahnen (V, 11); in der That erklärt sich aus der Axendrehung der Antrieb zum Umlauf mit der gemeinsamen weströstlichen Richtung, die nahe kreisförmige Gestalt der Bahnen, da denselben die Umschwungskreise der Axendrehung zu Grund liegen, sowie die geringe Neigung der Bahnen unter einander und zum Sonnenäquator aus der Schwungkraft der Axendrehung (IV, 5) sich ergibt.

2. Die Ursache von der Trennung der Nebelmasse in einzelne Planetenregionen (insbesondere die Erdregion V, 11) hat man in einem von außen nach innen fortschreitenden Verdichtungsproceß und Rückzug der Nebelmasse zu suchen, vermöge dessen zuerst kreisende Ringe sich absetzten, aus deren Trümmern sofort einzelne Massen sich ballten.

Bei der mit der allmäligen Verdichtung verbundenen Zusammenziehung der Masse mußte sich nämlich (III, 8) die Axendrehung beschleunigen und daher die Schwungkraft vergrößern (IV, 3); und so konnte zunächst in der Aequatorialzone ein Gleichgewicht zwischen Schwungkraft und Schwere eintreten, wodurch für den daselbst befindlichen Theil der Masse der Rückzug sich hemmte, den die übrige Masse fortsetzte, während jener ringförmige Theil sich trennte, um für sich in jener Region zu kreisen, wo die Hemmung eingetreten war. Diese Hemmungen des Rückzugs durch das Gleichgewicht zwischen Schwere und Schwungkraft wiederholten sich mehrfach, indem die Masse sich stets wieder in der Aequatorialzone anhäufte, und so löste sich je wieder ein neuer innerer Ring ab. — Diese Ringe zertrümmerten sich in der Regel, und die kreisenden Trümmer vereinigten sich bei der Begegnung zu größeren Dunstbällen (wobei wohl mittlerweile die theilweise Verflüssigung der verflüchtigten Materie begann), so daß entweder ein Hauptkörper entstand, an welchem sich auch (wenn der Verdichtungsproceß noch nicht zuweit fortgeschritten war) vermöge der durch das Zusammenstürzen der Ringtrümmer hervorgebrachten Axendrehungen derselbe Hergang wiederholen konnte (Bildung der Planetentrabanten), oder mehrere größere Körper, die sofort in einer Region kreisten, wovon ein Beispiel die Mittelregion der Kleinplaneten (V, 11) darbietet. — Es hat sich auch ein Beispiel von der Ringbildung erhal=

ten in einem der Sondersysteme, nämlich der wahrscheinlich aus einer flüssigen Masse bestehende, den Planeten umkreisende, Doppelring des Saturn (ein zweites soll Neptun darbieten), und dieß ist eben die bedeutsame Spur, wornach man sich jenen Hergang der Planetenbildung erdacht hat. — Die Asteroiden der Erdregion wären nichts anderes als kleinere zerstreute Ringtrümmer, die außer dem Bereich der Planetenbildung blieben, und das Zodiakallicht ist wahrscheinlich ein die Sonne umkreisender Dunstring in der Erdregion (VI, 10). — Auch die Kometen endlich wären Ansammlungen flüchtiger Stoffe, welche von dem sich verdichtenden Stoff der Ringe gänzlich sich trennten, um sofort die Räume des Sonnensystems regellos zu durchstreifen.

3. Mit weit mehr Sicherheit läßt sich weiterhin der Zustand der Erde festhalten, wo sie aus einem die Hauptmasse bildenden feuerflüssigen Kern bestand, umgeben von einer ungeheuren Atmosphäre, welche nicht nur alle Gase, sondern auch alles Wasser sammt allen Stoffen enthielt, welche bei solcher Temperatur entweder selbst flüchtig sind, oder welche Wasser und Wasserdampf auflöst, oder welche gasförmige chemische Verbindungen bilden.

Zeugniß von dem feuerflüssigen Zustand der ganzen Erde gibt ihre Gestalt, zumal die Abplattung, sowie auch die jetzt noch bestehende Feuerflüssigkeit des Erdinneren (XII, 11). — Der betreffenden Temperatur gemäß, bei welcher alle Gesteine und Metalle den geschmolzenen Zustand behaupten, hat man sich die dermalige Vertheilung der irdischen Materie an den flüssigen Erdkern und die Atmosphäre zu denken. Insbesondere enthielt also die Atmosphäre nicht nur alles Wasser als Dampf, sondern auch alles Salz (und deshalb wurde XIV, 1 behauptet, daß das Salz dem Meerwasser ursprünglich zukomme) und allen Kalk; ferner allen Schwefel und Kohle, letztere natürlich in Kohlensäure: so daß also die Hauptmasse der organischen Welt sammt allen Steinkohlenlagern und überhaupt ein sehr beträchtlicher Theil der jetzigen Erdrinde in der Atmosphäre sich befand. — Die mächtigen Fluthwellen der schweren tiefen Flüssigkeit; geologische Rolle der Ebbe und Fluth, sofern die Gestalt, welche jene die Erde rings einnehmende Flüssigkeit in jedem Augenblick hat (zwei Fluthberge getrennt durch zwei Ebbethäler, entlang den Meridianen XV, 5), bei plötzlicher Erstar-

rung sich festsetzen konnte (oder vielmehr, da eine so plötzliche Erstarrung undenkbar ist, während welcher nicht die Fluth beträchtlich von Ost nach West fortgerückt wäre, nicht genau meridional, sondern ostwestlich verschoben etwa wie die hohe Westküste Amekas und das Thal des atlantischen Oceans).

4. Bei fortgehendem Erkalten begann die oberste Schicht des flüssigen Erdkerns zu erstarren, wobei sich wahrscheinlich zuerst eine Granitkruste bildete; und weiterhin erfolgte der Niederschlag des Wassers aus der Atmosphäre zu einem mit Mineralstoffen übersättigten Meer von höherer Temperatur, welches die ganze Erdfläche bedeckte.

Die Ansicht von einer ursprünglichen Granitkruste hat zwei andere gegen sich, deren eine auch im Granit umgewandeltes Absatzgestein sieht, während die andere die Urgebirgsschiefer (XVII, 6) als die erste feuerentsprossene Bildung betrachtet die vom Granit als dem ersten Ausbruchgestein durchsetzt worden sei; da aber einerseits diese Schiefer so entschieden auf neptunischen Ursprung hinweisen, andererseits allen Wasserbildungen eine feste Erdkruste bereits zu Grunde liegen muß, so ist obige Ansicht gewiß die natürlichere, wobei aber keineswegs ausgeschlossen bleibt, daß auf die Bildung der ursprünglichen Granitkruste noch manche Granitausbrüche bis zum Uebergangsgebirg erfolgten, wie denn wohl überhaupt ein längerer Zeitraum den Ausbrüchen eines und desselben Gesteins zuzuschreiben ist (z. B. unsere Lava wirklich seit Jahrtausenden ausbricht). — Das ursprüngliche Meer bedeckte wohl die ganze Erdoberfläche, weil die Unebenheiten der ursprünglichen Kruste noch kaum bedeutend sein konnten; übrigens fehlten sie ohne Zweifel keineswegs wegen der in der flüssigen Masse vor und während der Erstarrung vorhandenen Bewegungen (vgl. XVIII, 3).

5. Mit dem Niederschlag des Wassers eröffnet sich eine Reihenfolge von Bildungen und Umwälzungen von der Granitkruste aus; die Erdrinde wächst, entsprechend der Reihenfolge der Gebilde (XVII, 6), nach zwei Richtungen, nach innen durch fortschreitende Erstarrung, nach außen durch Ablagerung auf dem Grund der Meere; Zerstörung (durch Erschütterung und Ausbruch von innen, sowie durch Ueber-

schwemmung und Ausrodung von außen) und Neubildung arbeitet sich Hand in Hand.

Der Wasserniederschlag ist nicht nur die Bedingung für die Bildung der Absatzgesteine, sondern auch für die plutonischen Rückwirkungen, d. h. Hebungen, Senkungen und Ausbrüche, Bildung von Unebenheiten und Ausbruchgestein; denn man hat sich diese Hergänge ganz nach Art der vulkanischen in der Gegenwart zu denken, deren Hebel das unterirdische Wasser ist (XII, 6); das durch Spalten und Risse der ersten Kruste eindringende Wasser verwandelt sich in Dampf und veranlaßt jene Rückwirkungen des Erdinneren in großartigem Maßstab; durch diese verändert sich zugleich der Stand der Gewässer, und diese erhalten neuen Stoff zur Gesteinsbildung durch die Zertrümmerung älterer Gesteine und organische Massen (Kohlenbildung XVII, 4). — Die von der Granitkruste (XVIII, 4) nach entgegengesetzten Richtungen fortgehende Reihe der Feuer- und Wassergebilde ist schon bei (XVII, 6) angegeben, wobei die Gänge von Ausbruchgestein, welche ältere Feuer- und verschiedene Wassergebilde durchsetzen, eben nur als aufwärts gerichtete Abzweigungen großer innerer Lager anzusehen sind, und wobei den einzelnen Feuergebilden ebensoviele Zeiträume des Ausbruchs und der fortgesetzten Erstarrung einer feuerflüssigen Schicht entsprechen, sowie den verschiedenen Wassergebilden ebensoviele Meeresstände, jeder mit eigener Abgränzung gegen das bereits trockengelegte Land (man spricht wohl geradezu von einem Jura-, Kreidemeer u. s. w., sowie von Porphyr-, Basaltausbruch u. s. w.).

6. Die Trockenlegung des Landes ist überhaupt durch plutonische Hebung erfolgt, und die großen Landfesten sind aus inselhafter Zersplitterung allmälig zusammengewachsen durch eine Folge solcher Hebungen (durch welche auch die Hauptanschwellungen des Landes allmälig in ihre jetzige Höhe gelangt sind), während entsprechende Senkungen die Sammlung des Wassers in die jetzigen Meeresbecken bewerkstelligt haben.

Die plutonische und die neptunische Theorie von der Landbildung (letztere mit der Behauptung, die Erhebungen des Landes seien lediglich durch die Ablagerungen aus dem Wasser und allmäligen Rückzug des Meeres entstanden, unhaltbar). — Langsame und jähe Hebungen, desgleichen Senkungen

(vgl. XII, 10) haben bei der Trockenlegung des Landes die Hauptrolle gespielt, mit zweierlei Erfolgen, indem entweder die gehobene Masse die Decke gesprengt hat (so daß das innere Gestein zu Tage geht und die Flözschichten zerrissen, aufgerichtet oder gar überworfen sind) oder eine blose Wölbung, Faltung der Erdrinde erfolgte (indem die über einander gelagerten Gebilde mit einander gehoben worden sind, höchstens mit Störungen in der wagrechten Lagerung). — In den ältesten Zeiten der neptunischen Bildungen mag eine Unzahl von Inseln über die ganze Erde verbreitet gewesen sein, von denen bei den folgenden großen Umwälzungen eine Menge wieder versenkt und überfluthet worden sind, während sie in anderen Erdräumen sich erhalten und verbunden haben; daher hält es sehr schwer von den früheren Vertheilungen von Land und Meer eine Vorstellung sich zu bilden, eher läßt sich von den späteren in Erdräumen von bekannter geognostischer Beschaffenheit Bestimmtes aussagen. — Kennt man z. B. den Umfang des Juragebirges in Europa mit seiner Abgränzung gegen die älteren Wassergebilde genau, so kennt man die damalige Vertheilung von Meer und Land, denn alles Land, wo ältere Flöze zu Tag gehen, muß zur Zeit des Jurameers bereits trockengelegt gewesen und nicht mehr überschwemmt worden sein, während die Räume der Jurabildung und aller jüngeren Bildungen noch unter Wasser standen. — Es ist gewiß, daß gerade die mächtigsten Gebirge (wie die Alpen, Anden) zuletzt in ihre endliche Stellung gehoben worden sind, womit dann auch erst die letzliche Gestaltung der ganzen sich an sie anlehnenden Kontinente gegeben war; allein dieß ist nur die letzte Hebung, sehr verschieden von der ersten, in Folge deren sie erst inselartig hervorragten; aus dem Fehlen gewisser Schichten auf dem Rücken, die am Abhang vorkommen, kann man auf die erste Hebung schließen, sowie ein Schluß auf die letzte Hebung aus der Neigung der Schichten in der Umgebung sich ziehen läßt (sie muß zwischen die Bildung der letzten schrägen und der ersten wagrechten Schicht fallen). — Nicht gehörig begründet erscheint der Schluß vom Parallellaufen der Gebirge auf gleichzeitige Entstehung, den die neuere Geologie versucht hat. — Die Trennung des gehobenen Landes in einzelne Gebirge und Gipfel, zumal die letzte Gestaltung der Gebirgsumrisse beruht vorzugsweise auf der ausrodenden Wirksamkeit der strömenden und atmosphärischen Wasser (vgl. XVI, 11. 13).

7. Von den älteren neptunischen Bildungen an hat sich zuerst im Meer, weiterhin auch im trockengelegten Land die

organische Welt entwickelt, welche in den beiden Reichen zu den vollkommeneren Klassen nach der Reihenfolge der Gebilde fortschreitet und zugleich mehr und mehr den jetzigen Gattungen sich nähert, während bei den großen Erdumwälzungen nicht nur ganze Massen von Individuen untergegangen sind, sondern auch eine Menge von Gattungen (die ausgestorbenen oder vorweltlichen Pflanzen- und Thiergeschlechter).

Man vergl. XVII, 7. – Die außerordentliche Ueppigkeit der älteren Pflanzenwelt, die sich schon in die zweite Provinz, die der Monokotylen (XI, 1) erhebt, und in den Steinkohlenlagern begraben ist (XVII, 4), deren Mächtigkeit eben die gewaltigen Fortschritte des Pflanzenlebens beurkundet; diese Ueppigkeit rührt ohne Zweifel theils von der höheren Temperatur, theils und vornehmlich von der Masse von Kohlensäure her, welche die Atmosphäre damals noch enthielt (XVIII, 3 vgl. XI, 5), und von welcher diese eben durch jene Pflanzenentwicklung befreit worden ist, eine wesentliche Bedingung für das Leben höherer Thiere (wenigstens der Landthiere). – Die riesenhaften Thiere (Saurier, Mammuthe u. s. w.), die nach der letzten größeren neptunischen Bildung (Diluvium) nicht mehr erscheinen; auch das vorweltliche Pflanzenreich bietet riesenhafte Gebilde von Baumstämmen sowohl als von Kryptogamen; der außerordentliche Reichthum an Meerthieren aller Art (8000 Fischgeschlechter nach Schätzung) ist ebenfalls bezeichnend für die früheren Verhältnisse der organischen Welt.

8. Ohne Zweifel haben sich auch die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche im Verlauf ihrer Bildungszeiten mehrfach geändert, und zwar wahrscheinlich in der Art, daß ehemals die Temperatur nach Raum und Zeit gleichmäßiger, und, wenigstens in den älteren Zeiten, wo die Eigenwärme der Erde noch bedeutenden Einfluß auf die Oberfläche haben mußte, im Allgemeinen höher war.

Ueber das Erkalten der Erde von ihrer Feuerperiode an (XII, 11) und über Klimaänderungen in der geschichtlichen Zeit (XIII, 10). – An einer wesentlich höheren Temperatur in den älteren Bildungszeiten kann so wenig gezweifelt werden, als an der Feuerperiode der Erde; daß aber noch bis in die Ter-

tiär- und Diluvialzeiten, wenn nicht eine höhere, doch gleichmäßigere Temperatur geherrscht haben muß, das beurkunden die Versteinerungen der Polarzonen (z. B. fossiles Elfenbein im Eis der sibirischen Küsten), oder sollte dergleichen dorthin verschwemmt worden sein? Jedenfalls darf man nicht an eine Verrückung der Erdaxe denken, denn diese kann der Abplattung zufolge seit der ersten allgemeinen Erstarrung ihre Lage nicht mehr geändert haben. — Daher ist auch die sogenannte Eiszeit der Erde (zu deren Annahme die erratischen Blöcke geführt haben XVII, 8), wo die Schnee- und die Gletscherregion sich viel weiter abwärts von den Gebirgen und äquatorwärts von den Polen aus erstreckt haben sollte, sehr schwierig, selbst wenn man nicht sowohl eine wirkliche Kälteperiode (die noch schwieriger zu beseitigen als herbeizuführen wäre, vgl. die XII, 11 berührte gänzlich unhaltbare Hypothese) im Auge hat, vielmehr an eine wesentlich andere Vertheilung der Jahrestemperatur mit milderen Wintern und kühleren Sommern denkt, vermöge deren die Gletscherbildung ungleich weiter habe forschreiten können, und welche wiederum in dem zur Tertiärzeit noch vorherrschenden Seeklima ihre Ursache hätte (gleichwie noch jetzt in Südamerika unter 47 Grad Breite ein Gletscher sich bis zur Meeresfläche herabziehe, vgl. XIII, 8).

9. Obgleich der jetzige Zustand der Erde zunächst nur als ein Zwischenzeitraum der Ruhe erscheint, welcher neue allgemeine Umwälzungen nicht schlechthin ausschließt: so sind doch alle Bedingungen der Dauerhaftigkeit vorhanden in der Verdickung der Erdrinde und demgemäß sehr verminderten Verkehr der Oberfläche mit dem inneren Feuerheerd, in der gleichgewichthaften Sonderung von Meer und Land, in dem geringen Vorrath fremdartiger Stoffe in Wasser und Luft.

Unter dem jetzigen Zustand der Erde versteht man den Zustand seit Entstehung des Schuttlands, mit welchem die Erdoberfläche als fertig betrachtet werden kann; zugleich derjenige, mit welchem auf der fertigen Erde der Mensch hervorgetreten ist. — Wenn nun auch das Vorhandensein des Geistes nicht zu den physischen Bedingungen der Dauerhaftigkeit des dermaligen Zustands gerechnet werden darf, so hat doch die Erwägung des Zweckbegriffs (die teleologische Betrachtung), daß mit der Erzielung des höchsten Erzeugnisses der Erde den allgemeinen all-

zerstörenden Umwälzungen ein Ziel gesetzt worden sei, eine nicht zu verkennende Stärke, welche durch die obigen physischen Betrachtungen gehörig unterstützt wird, sowie noch durch die vergleichende Erwägung, daß mit dem Fortschritt zu den jüngeren Bildungen die Veränderungen überhaupt kleiner wurden, daß die späteren Umwälzungen nicht mehr die ganze Erdoberfläche betrafen, sondern das bereits trockengelegte Land verschont ließen u. s. w. — Wenn man übrigens schon über die vergangenen Zustände der Erde so wenig weiß, so ist man wohl noch weniger berechtigt, auch von künftigen zu sprechen.

10. Die Hauptveränderungen, welche im jetzigen Zustand mit der Erdoberfläche vorgehen, sind nicht sowohl die in den Abschnitten (XII und XVI) betrachteten vulkanischen und neptunischen Hergänge, als vielmehr diejenigen, welche von der Menschheit ausgehen.

Dahin gehört der Anbau des Landes, die Abgränzung der Landesräume zu Staaten, die Bauten (Städte u. dgl.), die Verbindungsstraßen zu Meer und Land u. s. w. — Ihre Betrachtung gehört aber nicht mehr der Physik und Geschichte der Erde, sondern einerseits der Geschichte der Menschheit, andererseits der geschichtlich-politischen Geographie oder der Geographie im engeren Sinn (Geographie schlechtweg) an, welche dabei stets auf die Naturverhältnisse zurückblickt und die Erdoberfläche vorzugsweise „topisch“ behandelt, weßhalb man sie, um alle diese Rücksichten zusammenzufassen, vielleicht nicht unpassend durch den (wenn auch an sich pleonastischen) Beinamen „beschreibende“ (Geographie) näher bezeichnen kann (gegenüber von der Physik der Erde).

Anmerkungen.

Zu Seite 28; IV, 3. Die (übrigens nicht zu umgehende) Erklärung der Hauptaxen soll nur eine Art Surrogat sein, da die genauere Theorie derselben mit ihren Drehungs- und Trägheitsmomenten, wenn auch in populärer Darstellung einigermaßen erreichbar, doch jedenfalls hier zu weit führen würde.

Zu Seite 43; V, 11. Dasselbe gilt in noch höherem Grad von der sogenannten „unveränderlichen Ebene“, welche allerdings

als die eigentliche Hauptebene des Sonnensystems zu betrachten ist; daher wurde an ihre Stelle der Sonnenäquator gesetzt, um so mehr, als dieß gut zu der im letzten Abschnitt entwickelten kosmogonischen Theorie von Laplace paßt, während der Begriff der Sache, der Bau und (im darauffolgenden Abschnitt VI, 5) die darauf beruhende Stabilität des Sonnensystems, mit dem Surrogat sich ebenso gut geben ließ.

Zu Seite 39; V, 7. Was hier über den Einfluß der Ekliptikschiefe auf den Gang der Zeitgleichung gesagt ist, besonders in der Stelle „je mehr beide Bewegungen divergiren" rc. ist zu vervollständigen mit dem Satz: „je mehr sie aber convergiren, desto mehr wird sie beschleunigt; beides findet zur Zeit der Nachtgleichen im höchsten Grad statt, weil um dieselben die beiden Bewegungen sich kreuzen (also erst convergiren, dann divergiren)".

Zu Seite 47; VI, 5. Was die „besonderen" Störungen der Kleinplaneten unter einander betrifft, so sind die periodischen (die aber blos astronomische Wichtigkeit haben VI, 6) trotz der Nähe, in welche die Körper kommen können, wegen der ausnehmenden Kleinheit der Massen so gut als unmerklich; dagegen können sie sich aber eigenthümliche, wenn auch kleine sekuläre Störungen beibringen, welche übrigens bei der Kürze ihrer Bekanntschaft (die ältesten seit 1801) erfahrungsmäßig noch unbekannt sind.

Zu Seite 60; VII, 4. Die hier gegebene (sehr allgemein gebräuchliche) Darstellung von der Art, wie sich die Geschwindigkeit des Lichts an den Verfinsterungen der Jupiterstrabanten verrathen hat, ist schon angegriffen worden, allein sie ist durchaus streng, wenn man die Worte „bei Zugrundlegung der Zeitpunkte der Verfinsterungen um Jupiters Quadraturen" wohl ins Auge faßt, und dann ist sie jedenfalls die leichtere Darstellung. Denn da es wenigstens möglich ist, die Dauer des siderischen Umlaufs eines Trabanten unabhängig von den Finsternissen zu beobachten, so muß sich dann, ausgehend von dem Zeitpunkt einer Quadraturfinsterniß, Verfrühung bei den Oppositionen, Verspätung bei den Conjunctionen ergeben, und zwar um die Zeit, welche das Licht zu einer Sonnenweite braucht. — Wenn man aber, was allerdings das praktische ist, die synodische Umlaufszeit eines Trabanten aus der Dauer von der Mitte einer Verfinsterung zur anderen entnimmt, so ist sofort anders zu schließen; dann gibt die Beobachtung der Oppositionsfinsternisse die wahre Dauer jenes Umlaufs, weil um diese Zeit die Erde sehr nahezu in einerlei

Entfernung vom Jupiter bleibt (sowie auch zur Zeit der Conjunctionen), und die Zeit, welche sonst von einer Finsterniß zur anderen verstreicht, weicht von jener ab, und zwar verfrühend oder verspätend, je nachdem die Erde dem Jupiter sich nähert oder von ihm sich entfernt, am meisten also um die Zeit der Quadraturen, wo diese Annäherung oder Entfernung nahezu geradlinig ist, dergestalt daß die Verfrühung oder Verspätung der Zeit gleich ist, welche das Licht zu dem Wege braucht, den die Erde von einer Finsterniß zur anderen zurücklegt.

Zu Seite 95; IX, 15. Die Angabe über Kapitän Roß bedarf der Berichtigung, daß der „Roß des Südpols" der Sohn von dem „Roß des Nordpols" ist (nicht dieselbe Person).

Zu Seite 98; IX, 18. In der dort angeführten Besselschen Theorie von der zwischen Sonne und Komet obwaltenden Polarkraft sind auch Bessels Ausdrücke „sonnenfeindliche, sonnenfreundliche Polarisation" gebraucht; sie sind natürlich so zu verstehen, daß „sonnenfeindlich" auf die Abstoßung, also, wenn man das allgemeine Polaritätsgesetz anwenden darf, auf die Gleichartigkeit sich bezieht ꝛc.

Zu Seite 122; XII, 4. Ebenso die Monti Rossi 1669 u. a. in noch näherer Umgebung des Aetna, als der M. Nuovo, der vom Vesuv vier Meilen abliegt, durch Ebene getrennt.

Zu Seite 155; XV, 4. Sonden haben in der Nordsee eine untermeerische Hochplatte mit tiefem Einschnitt an der norwegischen Küste, sowie einen sehr bedeutenden untermeerischen Rücken zwischen Sicilien und Tunis in dem sonst so tiefen Mittelmeer ergeben.

Zu Seite 156; XV, 5. „Der Wasserstand wäre derselbe längs jedem Meridian", d. h. es fänden beziehungsweise dieselben Fluthenphasen statt, allein nicht genau von derselben Größe unter jeglicher Breite.

Zu Seite 166; XVI, 9. Uebrigens ist es sehr möglich, ja wahrscheinlich, daß der Tschadsee einen Abfluß zum Niger hat.

Zu Seite 183; XVIII, 5. Ueberhaupt darf man wohl auch oft wiederholten, außerordentlich großen Ergüssen atmosphärischen Wassers eine nicht unbedeutende Stelle unter den erdbildenden Hergängen anweisen.

Inhaltsübersicht.

Erste Abtheilung (I—VI),

welche die Lehren der sogenannten mathematischen Geographie mit Hilfsätzen der Mechanik und Astronomie enthält.

Zweite Abtheilung (VII—XI),

welche, neben einigen Sätzen der physikalischen Geographie (und Astronomie), vorzugsweise Hilfslehren der Physik und Chemie (auch Physiologie) enthält.

Dritte Abtheilung (XII—XVIII),

welche die Hauptlehren der physikalischen Geographie (einschließlich Meteorologie und Geologie) enthält.

Sinnstörende Druckfehler.

Seite	47	Zeile	19 v. o.	zu lesen	kleineren	statt	kleinen.
„	50	„	14 v. u.	„ „	$\frac{1}{5800}$,	„	$\frac{1}{5800^1}$
„	11	„	11 v. o.	„ „	sich nähern	„	nähern
„	103	„	4 v. o.	„ „	$2^1/_2$	„	$^1/_2$
„	106	„	10 v. u.	„ „	X, 7	„	X, 4
„	124	„	6 v. u.	„ „	Mogador	„	Magador
„	134	„	17 v. o.	„ „	120000	„	12000
„	137	„	21 v. u.	„ „	XIII, 6	„	XIII, 7
„	139	„	3 v. u.	„ „	derjenige	„	diejenige
„	150	„	14 v. u.	„ „	XIV, 8	„	XIV, 3
„	172	„	13 v. u.	„ „	Flachländer	„	Hochländer.

W